

DESARROLLO DE UN NUEVO BLOQUE DE TIERRA MEJORADA CON LA INCORPORACIÓN DE ADITIVOS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

Amiel López Dávalos

TRABAJO FINAL DE MASTER

Tutor: Juan Ramón Rosell Amigó

DESARROLLO DE UN NUEVO BLOQUE DE TIERRA MEJORADO CON LA INCORPORACIÓN DE ADITIVOS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

Tutor:

Juan Ramón Rosell Amigó

Programa de Master:

Construcción Avanzada en la Edificación

Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUYA

Enero, 2018



Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada: No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Por tanto, los usuarios sólo pueden reproducir, distribuir y transmitir el trabajo original.

DEDICATORIA

Entonces el señor Dios formó al hombre del polvo
de la tierra, y sopló en su nariz el aliento de vida;
y fue el hombre un ser viviente.
Génesis 2:7

A mis queridos padres, mis hermanos y María de los ángeles

AGRADECIMIENTOS

A mi Asesor, Juan Ramón Rosell Amigó, por darme la oportunidad de desarrollar esta investigación en el laboratorio bajo su dirección, por orientarme en establecer el rumbo adecuado para el desarrollo de esta investigación, por transmitirme sus conocimientos, por las correcciones asertivas. Gracias por su tiempo y su motivación para continuar con esta investigación.

A María Antonia Navarro Ezquerro, por apoyarme en el desarrollo de los ensayos y brindarme las facilidades necesarias para desarrollar esta investigación. Por facilitarme toda la información necesaria. Gracias Por su paciencia al absolver todas mis dudas, por transmitirme sus conocimientos, por el tiempo que me brindo y su motivación para seguir esta investigación. Muchas gracias.

A Laia Haurie Ibarra, por ayudarme en algunos ensayos.

A mis padres, porque ellos fueron mis primeros maestros.

A María de los Ángeles por su apoyo incondicional

A las personas que, durante este tiempo, de manera desinteresada, me han ayudado,

RESUMEN

El estudio se centra en elaborar bloques ecológicos con tierra y gel de origen vegetal, con el fin de contribuir con el desarrollo medioambiental en la construcción, ya que este bloque está compuesto con materiales que no degradan el medioambiente y cuyo proceso de fabricación es sencillo y respetuoso con el medio ambiente, siendo un producto altamente sostenible.

Se busca mejorar las resistencias del bloque de tierra con el añadido de un gel de origen vegetal, en adelante GOV. Se trata de un trabajo experimental desarrollado en el laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona.

En una primera etapa se procede a la caracterización de los dos materiales utilizados, el GOV y la tierra. Posteriormente se diseñó la campaña de ensayos, para todos los ensayos se utiliza una muestra como blanco referente compuesto con agua y tierra, que es el indicativo para ver las mejoras al utilizar el GOV.

Los ensayos principalmente fueron de resistencia mecánica, envejecimiento artificial acelerado y comportamientos frente al agua, que se realizaron siguiendo el procedimiento de la norma UNE 41410: 2008 el cual es exclusivamente para bloques de tierra comprimida. A pesar que las probetas estudiadas no son bloques de tierra comprimida, en todos los ensayos tuvieron resultados satisfactorios con el uso del GOV, mejorando en una de las muestras un 134% a compresión y 300% a flexión, superando en resistencia mecánica y entre otras características al BTC5 citado en la norma UNE 41410: 2008.

Contenido

1	OBJETIVOS.....	1
2	INTRODUCCION	2
3	HISTORIA DEL BLOQUE DE TIERRA.....	3
3.1	MESOPOTAMIA.....	4
3.2	ASIA.....	5
3.3	EGIPTO	6
3.4	LATINOAMERICA	7
3.5	ÁFRICA.....	8
3.6	EUROPA.....	9
4	TECNICAS CONSTRUCTIVAS DE TIERRA DEL SIGLO XXI	10
4.1	TAPIAL.....	10
4.2	BTC BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA	13
4.3	ADOBE.....	14
4.4	COB.....	15
4.5	EXTRUSION	16
4.6	TÉCNICAS MIXTAS	17
4.7	LLENADO	18
5	ADITIVOS ORGANICOS UTILIZADOS A TRAVES DEL TIEMPO.....	20
5.1	HISTORIA DE LA UTILIZACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	20
5.2	CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS	21
6	EL ALMIDÓN EN LA CONSTRUCCIÓN	24
6.1	COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES DEL ALMIDÓN	25
6.2	USOS DEL ALMIDÓN EN LA CONSTRUCCIÓN ACTUAL.....	25
6.3	EJEMPLOS DE DESTUDIO DE USO ALTERNATIVO DEL ALMIDÓN.....	25
7	CAMPAÑA EXPERIMENTAL.....	27
7.1	OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA	27
7.2	DESARROLLO DE LA CAMPAÑA.....	27
7.2.1	Ensayos previos	27
7.2.2	Caracterización del material	27
7.2.3	Ensayos a realizar.....	28
7.3	PROCEDIMIENTO DEL DESARROLLO DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL.....	28
8	ENSAYOS PREVIOS	30
8.1.1	Seguimiento Visual.....	30

8.1.2	Resultado de los ensayos previos	31
8.2	CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL	32
8.2.1	TIERRA.....	32
8.2.2	GEL DE ORIGEN VEGETAL.....	36
9	ENSAYOS REALIZADOS PARA EL ESTUDIO	41
9.1	MODULO DE YOUNG DINÁMICO (MOE).....	42
9.2	ENSAYO A COMPRESION Y FLEXION.....	43
9.3	ENSAYO DE HUMECTACION Y SECADO.....	46
9.4	ENSAYO DE EROSION ACELERADA SWINBURNE (SAET)	47
9.5	ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD.....	48
9.6	ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA	49
10	RESULTADO DE LOS ENSAYOS E INTERPRETACION	50
10.1	MODULO DE YOUNG	50
10.2	ENSAYO A COMPRESION Y FLEXION.....	52
10.3	ENSAYO DE EROSION ACELERADA SWINBURNE (SAET)	59
10.4	ENSAYO DE ABSORCION DE AGUA POR CAPILARIDAD.....	60
10.5	ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA	61
11	ANÁLISIS CONJUNTO DE LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA MECÁNICA	62
12	CONCLUSIONES	66
13	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	67
13.1	BIBLIOGRAFÍA	67
13.2	NORMATIVAS UTILIZADOS.....	70
13.3	ILUSTRACIONES.....	70
13.4	TABLAS.....	74
13.5	GRAFICOS	75
14	ANEXO	77
14.1	Anexo 1: Resultados Modulo de plasticidad	77
14.2	Anexo 2: Gráficos de las pruebas de espectroscopia infrarroja del GOV.	79
14.3	Anexo 3: Fichas de resultado del MOE módulo de elasticidad dinámico.....	82
14.4	Anexo 4: Ficha de resultados a compresión y flexión	86
14.4.1	MUESTRA 1: A+T	86
14.4.2	MUESTRA 2: M1+22%.....	88
14.4.3	MUESTRA 3: M1+30%.....	90
14.4.4	MUESTRA 4: M2+26%.....	92

14.4.5	MUESTRA 5: M3+22%.....	94
14.4.6	MUESTRA 7: M3+30%.....	98
14.5	Anexo 5: fichas de resultados de los ensayos de absorción por capilaridad.	100
14.6	Anexo 6: Fichas de resultados de las pruebas de permeabilidad al vapor de agua.....	102

OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio es lograr aumentar las propiedades resistentes de los bloques de tierra mediante la incorporación de un gel de origen vegetal, este es un procedimiento estrictamente sostenible y completamente ecológico. Mejorar la resistencia mecánica de los bloques de tierra conlleva intrínsecamente la mejora de las técnicas de construcción de tierra utilizadas hasta hoy en día. Además permitirá tener en el sector una nueva alternativa de construcción segura, económica y sostenible.

Esta investigación tiene los siguientes objetivos específicos planteados:

1. Obtener bloques de tierra que mejoren la resistencia a compresión y flexión respecto a los bloques de tierra conocidos hasta hoy en día.
2. Obtener resultados de resistencia mecánica iguales o mejores que los bloques de tierra comprimidos, considerando que esta investigación se focaliza a bloques de tierra no comprimidos.
3. Obtener bloques de tierra que tengan un buen comportamiento frente al agua, es decir lograr cumplir con las exigencias normativas para un bloque de tierra comprimido.

2 INTRODUCCION

En la actualidad las construcciones son agentes contaminantes. Es imperativo reducir la emisión de gases de efecto invernadero y el consumo de recursos. La producción, la fabricación y el uso de materiales de construcción como el hormigón, el acero y los encofrados consumen una gran cantidad de energía y producen considerables residuos, que afectan al medio ambiente (LO, 2017).

La construcción de los edificios conlleva unos impactos ambientales que incluyen la utilización de materiales que provienen de recursos naturales, la utilización de grandes cantidades de energía, tanto en lo que atiende a su construcción, como a lo largo de su vida .

No se pueden olvidar los costes ecológicos que suponen tanto la extracción de los recursos minerales (canteras, minas, etc.) como la deposición de los residuos originados, que abarcan desde las emisiones tóxicas al envenenamiento de las aguas subterráneas por parte de los vertedores. La construcción y el derribo de los edificios originan una gran cantidad de residuos. (ALAVEDRA, DOMINGUEZ, & ENGRACIA, 1997).

La tierra como materia prima toma mayor valor para las construcciones, siendo este material el más antiguo de todos los tiempos tal y como queda demostrado en diversos descubrimientos arqueológicos. La tierra fue el material principal con el que se construyeron ciudades, y no solamente ésta se empleó para la construcción de viviendas sino también en la construcción de fortalezas y monumentos religiosos.

La construcción con tierra durante la primera década del siglo XXI ha resurgido en todo el mundo como un material con propiedades sostenibles, de bajo impacto ambiental y de gran capacidad expresiva. Se ha experimentado un crecimiento a nivel de proyectos e investigaciones sobre el material relacionado con el aumento de número de asociaciones, instituciones, universidades y eventos alrededor de este sector. Los proyectos actuales han sabido modernizar las técnicas tradicionales de construcción con tierra para adaptarlas a las necesidades proyectuales y constructivas, siendo ampliamente reconocidos por su calidad. (BESTRATEN, HORMÍAS, & ALTEMIR, 2011).

El estudio de la incorporación de producto orgánico como aditivos para mejorar las construcciones de tierra se fueron dejando de lado en los últimos años, sin embargo existen referencias bibliográficas de la utilización de aditivos orgánicos desde el siglo XVII como la sangre, huevo, leche etc. para mejorar la resistencia de los bloques de tierra (ROMERO CLAUSELL, 2014).

En la actualidad están en marcha diferentes corrientes en desarrollo. Es en Asia, Medio Oriente, África y Latinoamérica donde se manifiesta un decidido desarrollo y vinculación con el campo de la vivienda y el hábitat de “interés social”. En Europa occidental se percibe una preocupación por los problemas de reciclado de materiales, el ciclo de los edificios, el gasto energético la contaminación ambiental que genera la construcción, y por último Estados Unidos, Australia, Francia y Alemania, muestran un énfasis en el desarrollo tecnológico (DEL RIO MUÑÓS, ESTEBAN, & A., 2011)

En muchos países en vías de desarrollo la alternativa de vivienda más común es la construcción con tierra, pues el material es abundante y barato. La construcción tradicional de viviendas de tierra se realiza informalmente, sin asesoría técnica. Por ello, la calidad de estas construcciones es generalmente muy baja. En zonas sísmicas donde se construye con tierra, cada vez que ocurre un terremoto colapsan muchas construcciones de este material, causando considerables pérdidas económicas y lamentables pérdidas de vidas (BLONDET, VARGAS, TARQUE, & IWAKI, 2011).

3 HISTORIA DEL BLOQUE DE TIERRA

La construcción con tierra data desde hace miles de años y ha sido un material habitual desde el inicio de la arquitectura hasta mediados del siglo XX. Se puede encontrar técnicas de construcción con adobe o tapial similares desde los poblados del III milenio a. de C en Mesopotamia o en el antiguo Egipto hasta las actuales granjas de las sierras bolivianas, pasando por la Kasbah norteafricanas de la Edad Media o por los pueblos de la Meseta Española (HOZ, J. MALDONADO, L. VELA, F, 2003).



Ilustración 1: Zíгурat de la ciudad de Ur. Primeros pueblos sumerios. Fuente: <https://historiacivil.wordpress.com/2012/09/27/zigurat-de-ur-2/>

En 1908 en el Turquestán, más concretamente en la ciudad de Pumpelly fueron descubiertas viviendas de tierra del periodo 8000 – 6000 a.C. (SANCHIS MULLOR, 2009).

Podemos ver que en todos los climas cálido-secos y templados del mundo, la tierra ha sido el material de construcción predominante y a pesar de eso es sorprendente que las normativas actuales son excluyentes a la arquitectura de la tierra cruda. En la ilustración 2, podemos ver la expansión de las construcciones de tierra en el mundo.

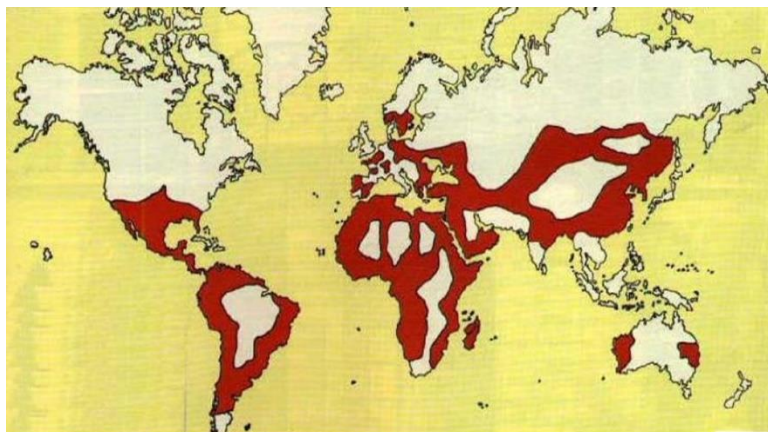


Ilustración 2: Arquitectura de tierra evolución a través de la historia: Fuente (SANCHIS MULLOR, 2009)

Como podemos ver existen muchas referencias de la importancia de la tierra en la construcción desde el inicio de la civilización. En este contexto podemos decir que el factor común en la construcción de los primeros asentamientos que florecía en diferentes partes del mundo hasta hoy en día, es la técnica a base de la tierra. Podemos afirmar que la tierra ha sido un excelente material de construcción, el cual queda demostrado por sus miles de años de antigüedad.

A continuación veremos de qué manera cada cultura utilizó este material:

3.1 MESOPOTAMIA

ANTIGÜEDAD: Los hallazgos de construcción en tierra de mayor antigüedad (Datados en el período Neolítico aproximadamente entre los años 6000 y 10.000 a.C.).

UBICACIÓN: Los encontramos en la región de Mesopotamia, zona comprendida entre los ríos Tigris y Éufrates.



Ilustración 3: Murallas de Nínive. Fuente: <https://i2.wp.com/lahistoriaheredada.com/wp-content/uploads/2015/01/ninive01.jpg?ssl=1>

DESCRIPCION: En esta cultura la construcción con tierra alcanzó un gran desarrollo, evolucionando hasta alcanzar la construcción de edificios emblemáticos como la Biblioteca de Alejandría, numerosas construcciones de la propia Babilonia, o las murallas de Nínive (700 a.C.) en Siria (Ilustración 3).

Aunque tampoco debemos olvidar otra de las obras más representativas de la construcción mesopotámica, los zigurats o templos en torre (Ilustración 4), que datan de los primeros pueblos sumerios y que asirios y babilonios mantuvieron en lo formal. El zigurat de la ciudad de Ur (2000 a.C.), es uno de los que mejor se han conservado, en la actualidad sus ruinas se elevan 21 m. sobre el nivel del suelo.



Ilustración 4: Zigurat de la ciudad de Ur. Fuente: <http://www.historiaantigua.es/articulos/ziguratur/files/zigurat-de-ur.jpg>

3.2 ASIA

ANTIGÜEDAD: Los vestigios más antiguos encontrados en este continente están fechados en el año 7000 a.C.

UBICACIÓN: Encontradas en las tierras del Himalaya.

EJEMPLOS: El Palacio de Potala (Ilustración 5), hogar de casi todos los Dalai Lama en el Tibet, ejecutado a partir de las técnicas del adobe y el tapial.

Ciudades de Mohenjo-Daro (Ilustración 6) en la que destacan una serie de recintos amurallados organizados para edificios públicos y viviendas, ejecutados con adobe doblado con ladrillo y tierra batida, o la antigua ciudad de Bujara en Uzbekistan.



Ilustración 5: Palacio de Potala. Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/Potala_palace24.jpg/1200px-Potala_palace24.jpg



Ilustración 6 Ruinas de la ciudad de Mohenjo-Daro. Fuente: <http://www.arkiplus.com/wp-content/uploads/2015/05/harappa-ciudad.jpg>

La Gran Muralla China (Ilustración 7), constituye uno de las grandes construcciones de la humanidad, con una longitud de unos 6700 Km aproximadamente, construida hace más de 2500 años con tierra apisonada, adobe y piedra.



Ilustración 7: Gran Muralla China. Fuente: https://cdn3.computerhoy.com/sites/computerhoy.com/files/editores/user-11130/gran_muralla_china_origenes_curiosidades_3.jpg

3.3 EGIPTO

ANTIGÜEDAD: Las primeras construcciones egipcias datan del año 3.800 a.C. y se levantaban en base a una estructura de cañas entrelazadas y aglomeradas con tapial fabricado con fango del Nilo. El año 3.000 a.C. se introduce la construcción de adobe.

UBICACIÓN: Egipto

EJEMPLOS: La imagen que se adjunta (Ilustración 8), una piedra caliza policromada de la tumba del faraón Rekhmire, en la necrópolis de Sheikh Abd el-Qurna, la cual representa un grupo de obreros o alfareros haciendo adobes.



Ilustración 8: Piedra caliza policromada de la tumba del faraón Rekhmire. Fuente: <http://egiptologia.com/wp-content/uploads/2004/12/adobes.jpg>

3.4 LATINOAMERICA

ANTIGÜEDAD: Previamente a la colonización, en Latinoamérica ya se utilizaban diversas técnicas constructivas a base de tierra.

UBICACIÓN: Latinoamérica

EJEMPLOS: La Pirámide del Sol en Trujillo (Perú), perteneciente a la Época Mochica (200 a.C. – 600 d.C) fue construida con adobe y poseía unas dimensiones de 228m. x 136m. de base y una altura de 41m.

Chan Chan, Perú (20km²), capital del reino Chimú (Ilustración 9), y ubicada también en la ciudad de Trujillo, Perú. Utilizó técnicas como la quincha, el adobe, e incluso los bajorrelieves de tierra.



Ilustración 9: Ciudad de Chan Chan, Perú. Fuente: <https://d1bvpoagx8hqbq.cloudfront.net/originals/chan-chan-ciudad-barro-mas-grande-mundo-queda-peru-9ebb04c9f7b8c0458d1d1c39a7b1f058.jpg>

Ciudad de Taos (Nuevo México), los indios construyen sus viviendas mediante adobes, éstas se superponen configurando las antiguas formas piramidales con cubiertas de rollizos y tierra compactada (ilustración 10).



Ilustración 10: Ciudad de Taos, México. Fuente: https://vignette.wikia.nocookie.net/people-dont-have-to-be-anything-else/images/3/3b/90-taos-new-mexico-adventure-towns_25206_600x450.jpg/revision/latest?cb=20150414124042

3.5 ÁFRICA

DESCRIPCION: Al ser un continente grande existen diferentes técnicas de construcción, sin embargo el adobe y el tapial fue una técnica de uso generalizado.

EJEMPLOS: La Gran Mezquita de Djenné (Ilustración 11) está considerada uno de los mayores edificios sagrados hecho de adobe del mundo, además de significar una de las obras cumbre de la arquitectura sudanesa-saheliana. La mezquita está en el centro de la pequeña ciudad de Djenné, Malí, en el delta del Níger y es uno de los Monumentos más conocidos de África. Considerado desde 1988 junto con el Casco antiguo de Djenné, Patrimonio de la Humanidad por la Unesco



Ilustración 11: : Mezquita de Djenné, África. Fuente:

<http://2.bp.blogspot.com/fs7y7CbVyWo/UZLIDT1CDI/AAAAAAACk/U529mzON4QA/s1600/Gran+Mezquita+Djenn%C3%A9+Mali.jpg>.

Casas excavadas en tierra. Matmata, Tunnez. Estas fueron excavadas en un terreno compuesto principalmente de margas calcáreas, que presentaban muy buena cohesión y resistencia a la erosión. En su excavado se adoptaron formas de bóveda y arco sin ningún tipo de refuerzo. Aún en la actualidad, este tipo de viviendas son habitadas por sus pobladores

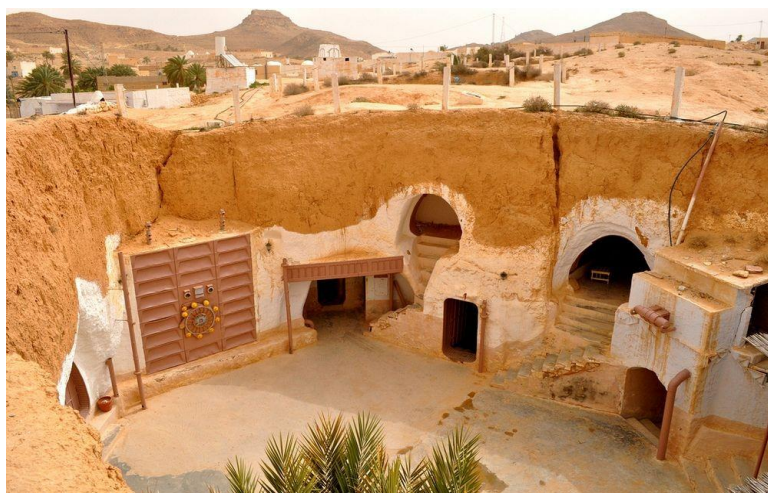


Ilustración 12: Casa Excavada e tierra, Matmata. Tunnez. Fuente: <https://lh3.googleusercontent.com/-OP2NdrFkAVc/WSPX48-j4ml/AAAAAAB5qY/SOchLZEfd4ykVCbqf29QjERndCa1qU9wCHM/matmata-tunisia-66?imgmax=1600>

3.6 EUROPA

DESCRIPCION: En el continente europeo, un importante porcentaje del patrimonio arquitectónico está ejecutado en tierra. En países como Bélgica, Francia o Alemania se calculan, aproximadamente un 15% de su patrimonio está construido en tierra y en España más de un 20%.

En Francia la técnica del tapial llamada “terre pisé” estuvo muy extendida desde el siglo XV al XIX. En la actualidad se tiene constancia de numerosas edificaciones de más de 300 años de antigüedad, aun habitadas cerca de la ciudad de Lyon.

En la península ibérica, los restos arqueológicos encontrados en el Cabo de Gata, Almería, o en Sabadell, Barcelona, tienen más de 4000 años de antigüedad, y en el que se aprecian construcciones a base de adobe, encañizado y pared de mano. Existen otros ejemplos de construcción con tierra Cerro de la Virgen de Orce, en Granada; Construcciones del poblado vallisoletano de Soto de Medinilla, Siglo VIII a.C; Plazas de toros construidas en tapial; Construcciones tradicionales de las regiones de Castilla León con sus casillas, palomares. La Alhambra de Granada (Ilustración 13), Siglos XII-XIV, construida en tapial calicastro, es una de las construcciones más significativas de nuestro territorio.



Ilustración 13: La Alhambra de Granada. Fuente:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/80/Alcazaba%2C_Alhambra%2C_Granada%2C_Spain.jpg/300px-Alcazaba%2C_Alhambra%2C_Granada%2C_Spain.jpg



Ilustración 14: Murallas de Nules o Mascarell (Castellón). Fuente: https://www.verpueblos.com/fotos_originales/8/6/3/00009863.jpg

4 TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE TIERRA DEL SIGLO XXI

La construcción con tierra ha evolucionado en los procesos de fabricación. Con la industrialización de los materiales de tierra se mejoran las características naturales del material y se garantizan unas calidades óptimas para su empleo y puesta en obra, reduciendo los tiempos de ejecución. (BESTRATEN, HORMÍAS, & ALTEMIR, 2011).

En la actualidad, se utilizan diferentes tipos de bloques de tierra. Varía según su forma, medidas, composición y método de elaboración. En este apartado describiremos los bloques de tierra más utilizados.

4.1 TAPIAL

La técnica del tapial se define como tierra amasada y apisonada en un encofrado para formar muros monolíticos. (HOZ, J. MALDONADO, L. VELA, F, 2003). Se trata de la compactación de la tierra dentro de un molde mediante impactos sucesivos con un “pison” es la base de una de las técnicas de construcción de mayor antigüedad y difusión a nivel mundial. En la actualidad se utilizaron diferentes formas de construcción a base de la técnica de tapial a continuación se describe algunos ejemplos:

Tapia prefabricado: Esta técnica se llama así porque todas las piezas se prefabricaron en taller (Ilustración 15), en 3 meses, mientras que la colocación en obra duró 2 semanas, tiempo que también duraron los trabajos de carpintería (GATTI, 2012).



Ilustración 15: : Oficinas imprenta Gugler print&media, ;Melk Austria, realizado en 1999-2000. Fuente: http://www.lehmtonerde.at/uploads/pictures-w850/Gugler_03_4c.jpg

Arquitecto: Ablinger, Vedral & Partner
Constructor: M. Rauch; Lehm-Ton-Erde
Ubicación: Melk, Austria
Realización: 1999–2000

Tapia Aislada: Este es el mayor tapial en América del Norte, de 80 m. de largo, y 5,50 m. de altura y un grosor de 60 cm.

El sistema de tapial utilizado se denomina SIREWALL, una patente de Terra Firma Builders. Este sistema en sándwich tiene la particularidad de incluir barras de refuerzo de acero corrugado para fijar el aislamiento de poliestireno extruido de 10 cm de ancho en el interior del tapial, recubierto por una hoja exterior e interior de tierra de 25cm de ancho. La mezcla de la tierra utilizada está formada por una selección de tierras con una buena granulometría. Contení un 10% de cemento portland y óxido de hierro para realzar el color ocre (GATTI, 2012).



Ilustración 16: NK MIP desert interpretive center, Canadá. Fuente: <http://sirewall.com/wp-content/uploads/2015/07/nk-mip-detail-2.jpg>

Arquitecto: H.Bakker Boniface Haden
Constructor: Terra Firma Builders Ltd.
Ubicación: Osoyoos, British Columbia
Realización: 2006
Tapia Post-tensada

La Back 40 House es una casa de huéspedes (Ilustración 17).

La tierra utilizada para la construcción de las paredes se combinó con un 4 % de cemento para su estabilización.



Ilustración 17: La "Back 40" House, USA. Fuente: <http://homeworlddesign.com/wp-content/uploads/2016/06/Casa-Caldera-Small-Shelter-in-Arizona-by-DUST-1.jpg>

Arquitecto: Gallo Powell Consortium
Ubicación: Tucson, Arizona, USA
Realización: 2006

Para realizar una tapia postensada hay que insertar en el alma del muro unos tubos de plástico común y corriente, por los cuales corren hilos de acero.

Luego, se corona el muro con un tablón que cumple la función de una cadena perimetral; el hilo pasa a través del tablón con una golilla y una vez que el muro está terminado se le da tensión a través de esta varilla de acero (Ilustración 18).

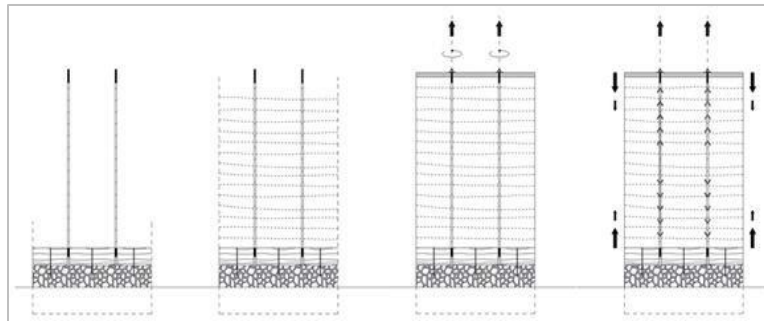


Ilustración 18: Pasos de una tapia postensada. Fuente: (GATTI, 2012)

Tapia con Dispersores Sísmicos: El centro de Ecología aplicada (Ilustración 19) es un edificio con una estructura de acero, complementada con diferentes técnicas de construcción en tierra contemporáneas: tapia reforzada con dispersores sísmicos; tierra alivianada; quinchita metálica y adobe con arcilla de colores.

En el caso de la tapia se realizó un muro de tapia con dispersores sísmico.

Unos tubos de plástico evitan el contacto directo entre la tierra y los cables de acero que unen la cimentación o la estructura de acero con unas vigas de hormigón armado intermedia que se realizan cada vez que la tapia llega a una altura de 60 cm aprox. (GATTI, 2012).



Ilustración 19: Centro de Ecología aplicada, Chile. Fuente: http://www.marcelocortes.cl/proyectos/portada/images/cea_06.jpg

Arquitecto: Marcelo Cortes

Constructor: Marcelo Cortes

Ubicación: La Reina, Santiago de Chile

Realización: 2012

Tapia molde y textura: Se refiere básicamente al acabado en tapia, el cual establecen un tipo de encofrado o molde con una forma establecida que finalmente dará el acabado final. Algunos ejemplos:

Proyecto Uel y Formwork; Casa Pinto, Colombia; Centro Polifuncional, Marruecos; Escuela secundaria, Burkina Faso (GATTI, 2012).

4.2 BTC BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA

El bloque de tierra comprimido se caracteriza por ser un paralelepípedo de tierra que se prensa mecánicamente. Suele llevar una pequeña proporción de cal o cemento y se deja secar al aire para formar muros de fábrica (BESTRATEN, HORMÍAS, & ALTEMIR, 2011). A continuación presentamos algunos ejemplos:

Residence Salvatierra, Francia (ilustración 20)

El muro sur está hecho con BTC de pequeño (ladrillos) y grande tamaño (piezas de 120x60x50 cm). La mezcla de tierra está compuesta por arcilla, paja molida y una baja porcentual de cemento. Los BTC de gran tamaño permiten acelerar las operaciones de puesta en obra.



Ilustración 20: Residencia Salvatierra, Franca 2002. Fuente: <http://www.reseau-breton-batiment-durable.fr/sites/default/files/rec-1369670385-residencesalvatierra.jpg>

Arquitectos: Jean-Yves Barrier

Construcción en tierra: GUILLOREL

Ubicación: Rennes

Realización: 2002

Función: Edificio Plurifamiliar de 43

Apartamentos

Escuela infantil, Catalunya

Fue construido con BTC BioTerre, es un bloque que tiene funciones estructurales y de cierre. Cumple con las normas UNE 41410 como BTC 5 y el CTE-SE-F, con una resistencia equivalente a un ladrillo macizo cerámico. El bloque tiene unas medida de 29x14x9.5cm y cada pieza tiene un peso de 8Kg. (GATTI, 2012).



Ilustración 21: Escuela infantil, Catalunya, España 2010. Fuente: http://www.gencat.cat/big/img/268/BIG_268570913120511_02.jpg

Arquitecto: Gabi Barbeta – Esteve

Navarrete – Jordi Caminero – Laura Barbera

Constructor: Bosch – Casa alternativa Puig

Ubicación: Santa Eulalia de Ronçana, Barcelona

Realización: 2010

Técnica: BTC reforzado con hormigón armado

4.3 ADOBE

El adobe se basa en una masa de barro, frecuentemente mezclada con paja, moldeada con forma prismática, de tamaño variable y secado al aire para formar muros de fábrica.

La gran diferencia con el tapial y el BTC es la cantidad de agua necesaria en el proceso de fabricación. Esta elevada cantidad de agua que se evapora en su proceso de secado requiere de la presencia de fibras vegetales que evite las fisuraciones por retracción.

En el tapial y el BTC, dado que las tierras tienen menor presencia de arcillas y mayor contenido de limos y arenas, sumado a una presencia menor de humedad, hacen normalmente innecesaria la adición de fibras (BESTRATEN, HORMÍAS, & ALTEMIR, 2011).

En los últimos años se vinieron haciendo pruebas con diferentes mejoras del adobe. Se presentarán algunos ejemplos a continuación:

ADOBE ANTISÍSMICO:

Prototipo Adobe Armado, Perú

Se trata de la utilización de una geomalla (Ilustración 22) plástica colocada en los muros de unos prototipos ensayados sobre una mesa vibratoria permitieron evaluar su eficacia. La malla debe ser colocada en ambas caras de los muros, sobre toda el área del muro y, conectadas incluso a través de los muros y recubiertas con estuco.



Ilustración 22: Prototipo adobe armado, Perú 2005. Fuente:

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/5290/6117/9269>

Pontificia Universidad Católica del Perú
(PUCP)

Ubicación : Perú

Investigación: 2005

Función: Vivienda económica urbana

Sistema ALLWALL, España-Perú

Aquí se presenta una aplicación del Sistema de Albañilería Integral (SAI), desarrollado en Europa bajo la marca "AllWall System" (Ilustración 23) para muros de albañilería de ladrillo o bloque, cerámico o de hormigón, empleando sólo mortero. En este caso el sistema se modifica para adaptarlo al adobe y permitir la construcción de viviendas sismorresistentes en países en desarrollo.

Para verificar la seguridad de este nuevo tipo de edificación para su construcción en zonas sísmicas del tercer mundo, se ha ensayado a sismo un prototipo realizado con el sistema SAI con adobe, de 6x6x6 m y dos plantas a escala ½ en la PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú) de Lima en colaboración con la UPM (Universidad Politécnica de Madrid). Los resultados de este ensayo

muestran que el SAI con adobe permanece estable sin grietas significativas ante un sismo severo de 130 mm de desplazamiento (equivalente a un sismo de 10º en la escala de Richter (GATTI, 2012).



Ilustración 23: Vivienda sismoresistente. Fuente: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTRJtjnpJL6ovlZ3ov9GjvR8iehChYk3Yt24_2VkeehauDWAxKNA

Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)

Investigación: 2005

Función: Vivienda sismoresistente

4.4 COB

La técnica del cob consiste en una masa de barro y abundante paja que se apila y moldea a mano para formar muros monolíticos.

La composición del material es parecida al adobe, pero el moldeado se realiza directamente en el muro sin previo confinamiento en un paralelepípedo (BESTRATEN, HORMÍAS, & ALTEMIR, 2011).

Escuela Bangladesh

El edificio (Ilustración 24) apoya sobre una cimentación de 50 cm (un muro de ladrillos), medida que constituye el espesor del muro de cob. La planta baja tiene unos muros de carga hechos con una mezcla de paja, tierra y agua que viene mezclada y pisada.

En los dinteles y jambas de puertas y ventanas, la tierra viene reforzada con barras de bambú. Los marcos exteriores de las ventanas están acabados con un enlucido de cal mientras que las superficies interiores están cubiertas con una mezcla de arcilla, pintadas con una pintura de cal (GATTI, 2012).



Ilustración 24: Escuela, Bangladesh 2005. Fuente: <https://enbuscadelasostenibilidad.files.wordpress.com/2015/08/meti-002.jpg>

Arquitecto: A. Heringer y E. Roswag

Asesoramiento: Martin Rauch

Ubicación: Rudrapur

Realización: 2005

Neubau Wohnhaus Flury, Suiza

Para la realización de los muros se utiliza la técnica del Cob. Los 80 cm de espesor de los muros permiten aprovechar las propiedades de inercia térmica de la tierra.

Un entramado de madera embebido en el interior del muro de tierra aguanta la estructura de la cubierta. Si se hubiera optado utilizar el muro como muro portante se habría tenido que esperar el periodo de secado del mismo, aumentando los tiempos de realización (GATTI, 2012).



Ilustración 25: Neubau Wohnhaus Flury, Zúrich 2009. Fuente: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/2a/d3/3c/2ad33c827de2ca5872984f4dbb639c55--clay-houses-rauch.jpg>

Arquitecto: Spaceshop

Localización: Deitingen, Suiza

Ubicación: 2009

Función: Vivienda unifamiliar

Técnica: Estructura de madera embebida en Cob

4.5 EXTRUSION

Este procedimiento es el mismo que el utilizado para la fabricación de ladrillos cerámicos, el material, cuidadosamente seleccionado y en forma de pasta semisólida se hace pasar por una boquilla espacialmente diseñada para cada tipo de pieza, siendo expulsado en forma de “lingote” continuo que se corta en piezas mediante un cable de acero. Esta técnica ofrece la ventaja de ser adaptable a la producción de una gran variedad de piezas: bloques huecos, bovedillas, tubos, baldosas, etc.

Mariposa Eco-Village, USA

Este edificio está realizado con Megablock, un sistema de construcción en tierra que utiliza grandes piezas de barro extruido, fabricadas al pie de la obra con la misma tierra de la excavación.

La tierra se comprime en una máquina extrusora a una presión de alrededor de 10,34 Mpascal. El proceso de extrusión dura alrededor unos 15 minutos para realizar un bloque de 0,45x0,30x3,00 metros.

El bloque extruido se traslada con una pala excavadora (equipada de una pieza especial para el desplazamiento) hasta el muro de la obra donde se pone en la posición deseada. Hay que respetar siempre la traba y antes de poner la pieza hay que mojar con agua o poner una capa de mortero de tierra encima de la superficie inferior. Un mortero de tierra acaba las partes imprecisas del muro, y un revoque de tierra uniforma la superficie exterior del edificio.

En comparación con otras técnicas de construcción en tierra podemos afirmar que:

- Los Megablock son grandes piezas y por eso cubren un gran volumen en poco tiempo.
- Los Megablock no necesitan de un mortero e agarre (solo hay que mojar la superficie de apoyo) en cuanto el propio peso es suficiente.

- Los Megablock no necesitan un tiempo de secado, una vez extrusionado el bloque se puede utilizar inmediatamente.
- Los Megablock necesitan siempre de maquinarias para su fabricación y para la puesta en obra al contrario del adobe por ejemplo.
- Las estructuras realizadas con este sistema, a nivel visual/formal son un poco imprecisas, por eso necesitan de un revestimiento interior o exterior (GATTI, 2012).



Ilustración 26: Mariposa Eco-Village, USA 2009. Fuente: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQq4op8tegl0S9IVufoHNq1aaOG_6944V2Gcnd6Vv4JEEqs2eL5zw

Constructor: Earthco Megablock
Ubicación: Texas, USA
Realización: 2009



Ilustración 27: Proceso constructivo, Mariposa Eco-Village, USA. Fuente: <https://naturalbuild.files.wordpress.com/2010/10/mariposa-pic-2.jpg>

4.6 TÉCNICAS MIXTAS

Esto se refiere básicamente a técnicas que incluye varios materiales:

- El sistema estructural es realizado con múltiples materiales de origen vegetal o industrial que son el cuerpo o el esqueleto que lo sostiene.
- La tierra o el barro cumple en algunos de estos sistemas la función de relleno y de revestimiento, potenciando una de las principales propiedades: dar respuesta a condiciones ambientales en un comportamiento acústico y térmico.

Eco-Hotel, Ucraina

En este proyecto se utilizan materiales sostenibles como la tierra, caña y la madera. La estructura del edificio es de madera, mientras que la estructura de las “bolas de barro” es de madera y caña revestida con una capa de tierra. La red de las habitaciones en forma de “bola de barro” está unidas por un techo plano individual (GATTI, 2012).



Ilustración 28: Eco-Hotel, Ucrania 2007. Fuente: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/40/60/61/406061f441b93e7eece285d46772c175.jpg>

Arquitecto: Ryntovt design

Ubicación: Dnepropetrovsk

Realización: 2007

4.7 LLENADO

Esta técnica constructiva consiste en llenar de tierra un encofrado perdido. El material principal de relleno es la tierra, y puede ser complementado por otro material. La tierra rellena el hueco empleado como envoltura. Hoy día existen ejemplos muy interesantes, innovadores y creativos del uso de esta técnica.

El caso de los neumáticos para automóviles relleno de tierra compactada; las numerosas investigaciones del Arquitecto G.Minke en Alemania o la técnica del superadobe desarrollada por el arquitecto de origen iraní Nader Khalili son solo unos de los muchos ejemplos conocidos (GATTI, 2012).

United bottle

Los Arquitectos Hebel & Jörg han diseñado una botella de agua (Ilustración 29) que una vez empleada puede ser reciclada y usada como un ladrillo para formar por ejemplo un refugio temporal o un muro.

El proyecto, llamado UNITED_BOTTLE puede ser utilizado por los gobiernos y las ONG para distribuir el agua a nivel local y regional, y ser capaz de reciclar la botella como material de construcción en cuanto llenándolas con materiales encontrados en el lugar, tales como arena, tierra o materiales aislantes naturales como el pelo animal por ejemplo pueden ser utilizadas como verdadero ladrillos. Un sistema machihembrado permite Arquitecto: Dirk Hebel & Jörg un apilado rápido (GATTI, 2012).

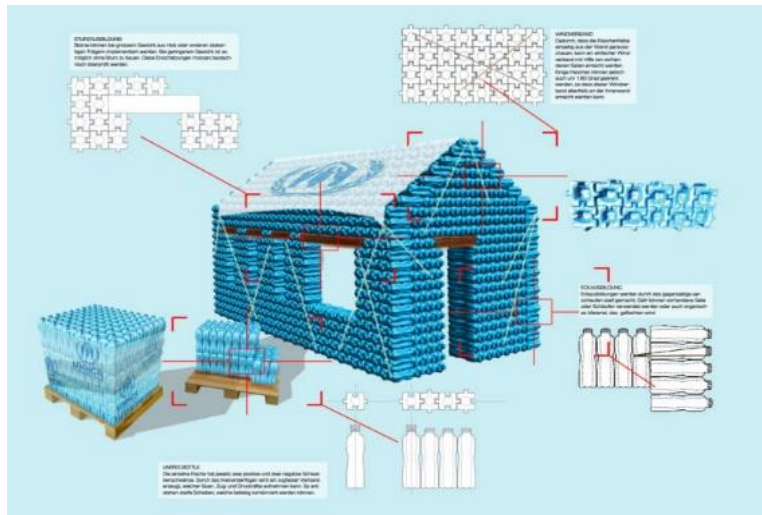


Ilustración 29: Representación gráfica de la técnica de llenado de tierra, 2007. Fuente: <https://pics.livejournal.com/unhoused/pic/0005ahhk/s320x240>

Arquitecto: Dirk Hebel & Jörg Stollmann with Tobias Klauser

Proyecto: 2007

Técnica: Botellas rellenas

Emergency Shelters, Iran

La técnica superadobe (Ilustración 30) se trata de sacos de arena de polipropileno de 35 a 45 cm de diámetro, se llenan de tierra y se mezcla opcionalmente con una pequeña cantidad de un estabilizador de origen local, como la cal o cemento. Cuando las bolsas están llenas, se apilan y se enrolla en patrones circulares cada vez más pequeños para formar estructuras abovedadas.

Como la construcción es en capas, se coloca entre las bolsas alambre de púas, este mantiene el deslizamiento de las bolsas y da a la estructura una resistencia a la tracción que es complementaria a la resistencia a la compresión de la tierra. Cuando la estructura está completa, es cubierta con tierra local que también puede estar mezclada con la cal o cemento para hacerla resistente al agua (GATTI, 2012).



Ilustración 30: Emergency Shelters, Iran 1995. Fuente: https://lh5.googleusercontent.com/-zrrM-SomP4/TYZoahjd6I/AAAAAAAAAXk/RU_pLolq-Zo/s1600/2-cal-earth5.jpg

Arquitecto: N. Khalili, Cal-Earth-Institute

Ubicación: Baninajar, Khuzestan, Iran

Realización: 1995

Descripción: 15 viviendas temporales abovedadas, construidas para los refugiados

Técnica: SúperAdobe

5 ADITIVOS ORGANICOS UTILIZADOS A TRAVES DEL TIEMPO

En este capítulo se pretende presentar un resumen de los compuestos naturales ecológicos que se usaron hasta hoy para mejorar la resistencia de los bloques de tierra utilizados en diferentes partes del mundo, tanto en el ámbito académico como en el ámbito constructivo.

El mortero es un compuesto de conglomerantes inorgánicos, de agregados finos y agua, con posibles aditivos que sirven para pegar elementos de construcción. Como componentes básicos el conglomerante y el aglomerante, en muchos casos a lo largo de la historia fueron la arcilla y arena. Sin embargo, otro constituyente en esta mezcla, muy importante en estas épocas, es el aditivo. Elementos como el huevo, la sangre, el azúcar, el queso o el estiércol tienen un campo de estudio todavía amplio, por explotar, y ser reconocidos debidamente como aditivo en el sector de la construcción (ROMERO CLAUSELL, 2014).

5.1 HISTORIA DE LA UTILIZACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EN LA CONSTRUCCIÓN.

Los morteros de todo tipo (barro, cal, yeso ...) han recibido una gran variedad de adiciones a lo largo de los siglos para mejorar sus prestaciones.

Los morteros de cal y yeso presentan aditivos orgánicos e inorgánicos de todo tipo. Sangre, cola animal, cerveza, almidón, mantequilla, melazas, ceras, asfalto, orina, aceite, resinas, látex de higo ... , son una muestra de la multitud de aditivos, reseñados en la bibliografía, que se han utilizado en los morteros, revocos, estucos, enlucidos, de todos los tiempos y todos los países. Revisando la bibliografía se ha podido comprobar que los aditivos más utilizados son con gran diferencia (más del 50% del total de las referencias) las grasas, las ceras (lípidos ambos) y las resinas (DORREGO, LUXÁN, & SOTOLONGO, 1998).

Los aditivos en Gran Bretaña se focalizaron en comunidades donde los bienes, como cales trabajables o ladrillos, eran de difícil obtención. Antes de los avances en el transporte en el siglo XVIII, la logística en distritos sin producción de cal era muy dificultosa, y los ladrillos que podrían fabricarse localmente tampoco tenían un uso muy extendido, ya que el coste del combustible para fabricarlos era muy elevado. Consecuentemente, los materiales orgánicos y otros materiales locales (sobre todo los residuos de producción de granja) aumentaron su aplicación en el apoyo a la albañilería para fabricar y mejorar los morteros, sobretodo en resistencia y durabilidad. A pesar de que la textura, el color y los ingredientes variaban con la localidad, el tipo de material disponible y las preferencias de los constructores siempre solían tener un patrón marcado con los mismos materiales: sangre, leche, queso, grava, arcilla, orina, huevos, escorias, concha de almeja, vidrio roto, vajilla, mantequilla, polvo de la calle, etc. A pesar de la cantidad de mezclas posibles, la aparición de unas pocas recetas y mezclas supervivientes en los que usaban este tipo de materiales parece haber un método protocolario. Desafortunadamente, la procedencia de la idea de añadir estos materiales a los morteros pobres de arcilla para complementar sus propiedades físicas se desconoce.

Entre otras fuentes informativas que habla sobre este tipo de recetas está la “Encyclopedia Britannica” de 1771 que lista una extensa lista de recetas tanto para construcción como para farmacia y botánica (ROMERO CLAUSELL, 2014).

En el siglo XVIII, a pesar del creciente uso del cemento, existían artículos y documentación que se ha seguido creando y estudiando sobre estos materiales, aunque muy escuetamente (SMITH, 2014).

Otro ejemplo que habla sobre aditivos orgánicos a gran escala es Arnold J. Cooley's en "A Cyclopaedia of Practical Receipts" en 1880. No solamente trabaja en este libro los ingredientes de morteros con aditivos orgánicos, también con su explicación química y propiedades físicas de cada uno (ROMERO CLAUSELL, 2014).

Se ha comprobado la existencia de aditivos en morteros de cal de las Termas Romanas de Almedinilla (Córdoba) y en campo Valdés (Gijón, Asturias), que se comprobó eran grasa y resina con posible presencia de látex de higuera. También se ha confirmado la presencia de grasas, ceras y resinas en morteros de cal de las Catedrales de León, Zaragoza y Ávila, de las iglesias de S. Juan del Mercado (Benavente), Sta. María de Moremela (Zamora), Sta. Engracia (Zaragoza), Sta. María (Aranda de Duero), S. Marcos y S. Marcelo (León), Agios Elefterios (Atenas), como ejemplo de una larga serie de edificios civiles y religiosos del Patrimonio Histórico-artístico español y europeo, en los que la presencia de aditivos es una constante (DORREGO, LUXÁN, & SOTOLONGO, 1998).

5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS

Con el objetivo de categorizar los aditivos utilizados, se realizó un inventario (Tabla 1) de todos los compuestos utilizados con la tierra para la bioconstrucción a lo largo de la historia, ya sea como recomendaciones de libro o materiales e estudio (ROMERO CLAUSELL, 2014).



Ilustración 31: Cultivo de Agave, existen estudios del uso de Agave como aditivo para boques de tierra. Fuente: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSLORIHdCDZmrDjhkwzscQg9ua8ZU0PS_0mlmjM-2emlPceno

Inventario de materiales		
MINERALES	ANIMAL/ORIGEN ANIMAL	VEGETALES
bitumen	albumen	abacá
cal	caseína	aceite de linaza
cemento	cera de abeja	aceite de oliva
	cola animal	aceite de pino
	estiércol	almidón cocido
	goma de lac (shellac)	algodón
	grasa de cerdo	agave
	queratina	arroz
	Orina	azafrán
	Queso	azúcar
	sangre	banano
		cebada
		corteza de olmo
		euphorbia
		gluten
		masa de centeno
		mermelada
		mosto
		nopal
		resina de plantas aceitosas y contenido en látex savia de higo
		tanino
		tragacanto/adragante
		vino

Tabla 1: Aditivos utilizados en el tiempo para mejorar la propiedad del mortero. Fuente: (ROMERO CLAUSELL, 2014).

Muchos de ellos se siguen usando en la actualidad en gran parte de la arquitectura vernácula de regiones menos industrializadas, otros aditivos son rescatados de recetas antiguas o bibliografía anteriormente descrita.

Para entender mejor la utilización de estos materiales en el territorio europeo, se presenta la siguiente tabla comparativa (Tabla 2) realizada en base a la bibliografía presentada (ROMERO CLAUSELL, 2014).

UTILIZACION DE COMPONENTES ORGANICOS A TRAVES DEL TIEMPO												
LISTADO DE ADITIVOS	150 AC	46 AC	23 DC	800 DC	1200DC	1500DC	1653 DC	1703 DC	1750 DC	1850 DC	2015 DC	
CEMETO												X
CAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BITUME		X										X
SANGRE	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
ALBUMN	X											
GRASA		X	X					X				
ORIN					X	X						
QUESO							X	X	X	X		
CASEINA	X	X				X	X			X	X	
MANTEQUILLA										X		
CERA					X	X		X	X			
ESIERCOL								X				
QUERATINA	X											
COLA AIMAL	X							X		X		
SHELLAC										X		
RESINA									X			
SISAL									X	X		
ARROZ					X	X						
AZAFRAN				X								
AZUCAR					X	X				X		
MERMELADA										X		
ALGODÓN								X	X	X		
CORTEZA			X									
CEBADA			X						X			
GLUTEN					X	X						
M. CENTENO		X							X			
AGABE					X					X		
BANANO					X					X		
NOPAL												
ADRAGANTE		X				X				X		
SAVIA HIGO	X	X	X						X			
EUPHORBIA		X	X						X			
ACEITE LIN					X					X	X	
ACEITE PIM					X					X	X	
ALMIDÓN					X	X				X		
TANINO			X									
VINO			X									
MOSTO					X			X				

Tabla 2: Utilización de aditivos en el territorio europeo a través del tiempo. Fuente: (ROMERO CLAUSELL, 2014).

Esta tabla presenta una relación de aditivos, por medio de una aspa se marca en el año que se utilizó de forma aproximada. Los aditivos resaltados en color, se utilizan aun en la actualidad.

6 EL ALMIDÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

El almidón es uno de los productos procedentes de las plantas más importantes para el hombre. La fotosíntesis produce anualmente alrededor de 2850 millones de toneladas de almidón, mayoritariamente en forma de cereales, aunque también contenido en raíces y tubérculos. De estos, aproximadamente se extraen 60 millones de toneladas de almidón, de las cuales el 60% se utiliza en alimentación y el 40% en industrias no alimentarias (BURRELL, 2002).

Los cultivos más importantes en cuanto a producción de almidón se refiere son: maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum aestivum*), y patata (*Solanum tuberosum*). En Centro y Sudamérica también se obtiene almidón de yuca o casava (*Manihot esculenta*). Los almidones se han utilizado para alimentación y para otros usos desde la antigüedad. Los egipcios, y posteriormente los romanos utilizaron los almidones como adhesivos, uso todavía en vigor. Los griegos los utilizaron con fines medicinales (FERRÁNDEZ GARCÍA, FERRÁNDEZ GARCÍA, FERRÁNDEZ VILLENA, & ANDREU RODRÍGUEZ J. Y GARCÍA ORTUÑO, 2016).

A parte del sector alimentario, hoy en día los almidones también se utilizan con fines industriales: como aditivo en el cemento para mejorar el tiempo de curado; para mejorar la viscosidad en los lodos de perforación en los pozos de petróleo para sellar los poros de las paredes; en la fabricación de papel; en los enlucidos de yeso, en los tableros tipo Pladur; como recubrimiento de semillas; fertilizantes; envases; adhesivos; bioplásticos, composites, etc. Debido a su naturaleza los almidones tienen un gran potencial como sustitutos de materiales poliméricos sintéticos, principalmente con fines medioambientales. En los tableros de partículas se utilizan como sustituto de los aglutinantes como la urea-formaldehído, el fenol-formaldehído y otros derivados del petróleo.

El almidón varía en forma y funcionalidad dependiendo de su procedencia botánica, del cultivar, dentro de la misma especie, y de las condiciones agronómicas del cultivo. Esta variabilidad hace que el almidón tenga diferentes propiedades, pero también puede causar problemas debidos a la heterogeneidad del producto. Para solucionar este inconveniente los almidones nativos se pueden modificar química, física y tecnológicamente (FERRÁNDEZ GARCÍA, FERRÁNDEZ GARCÍA, FERRÁNDEZ VILLENA, & ANDREU RODRÍGUEZ J. Y GARCÍA ORTUÑO, 2016).



Ilustración 32: Almidón. Fuente: <https://curiosoando.com/wp-content/uploads/2015/12/almidon-modificado.jpg>

6.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES DEL ALMIDÓN

El almidón es un polisacárido insoluble y semicristalino, consistente en unidades de D-glucosa, que se almacena en gránulos que se depositan mayoritariamente en los tejidos de almacenamiento de las plantas (granos, tubérculos y raíces). El almidón está compuesto por dos macromoléculas: amilosa y amilopectina. La amilosa es principalmente lineal y la amilopectina tiene una estructura muy ramificada.

Los gránulos de almidón son insolubles a temperatura ambiente, son altamente resistentes a la hidrólisis enzimática y carecen de propiedades funcionales. Para inducir sus propiedades funcionales (viscosidad, textura, estabilidad, entre otras) deseables en la industria, el almidón y sus derivados se modifican por medios químicos, físicos y biotecnológicos. Los almidones modificados más usados en la industria son: almidones pregelatinizados, entrecruzados, catiónicos, oxidados, aniónicos, acetilados, éteres, dextrinas, almidones injertados, almidones modificados físicamente y almidones modificados enzimáticamente (FERRÁNDEZ GARCÍA, FERRÁNDEZ GARCÍA, FERRÁNDEZ VILLENA, & ANDREU RODRÍGUEZ J. Y GARCÍA ORTUÑO, 2016).

6.2 USOS DEL ALMIDÓN EN LA CONSTRUCCIÓN ACTUAL

En el sector de la construcción los almidones se utilizan como aditivos en el cemento y el yeso, como adhesivos en la fabricación de tableros de partículas, en restauración de edificios antiguos como aditivos de la cal, como materia prima de tuberías biodegradables, como materia prima de biocomposites, espumas sólida como material aislante, etc. La aplicación del almidón en la construcción principalmente se utiliza en cementos y yesos como aditivos orgánicos, como adhesivos para tableros de madera, para elaborar Espumas, bioplásticos y biocomposites (FERRÁNDEZ GARCÍA, FERRÁNDEZ GARCÍA, FERRÁNDEZ VILLENA, & ANDREU RODRÍGUEZ J. Y GARCÍA ORTUÑO, 2016).

6.3 EJEMPLOS DE DESTUDIO DE USO ALTERNATIVO DEL ALMIDÓN

Adhesivos de almidón de yuca

En la Universidad Central Marta Abreu de las Villas en Cuba, se realizó una investigación la posibilidad de sustituir una parte de adhesivo Acetato de Polivinilo (PVA) altamente costoso y de importación, utilizado comúnmente para la elaboración de madera prensada, por almidón de Yuca de producción nacional, y así reducir los costos en la elaboración de tableros prensados con esteras de bambú (ZANCHES MARTINEZ, 2010).

Elaboración de placas rígidas biodegradables con almidón de yuca

El presente estudio consistió en obtener un material compuesto, amigable con el medio ambiente y fácil de desintegrar, con el fin de ofrecer alternativas al uso de los polímeros convencionales. Este material será utilizado en la elaboración de recipientes para empacar alimentos.

El material está compuesto principalmente por almidones de yuca junto con fibras de Palmiro, además contiene 30% de carbonato de calcio, agua, aire y una película micro-delgada de almidón de yuca acetato que usa como capa protectora para reducir la permeabilidad (PONCE CASTILLO, 2015).



Ilustración 33: Yuca en corte transversal. Fuente: <http://vivatumusica.com/wp-content/uploads/2017/02/yuka.jpg>

Utilización del almidón de papa como aditivo del mortero cemento

En este informe se centra específicamente en determinar el efecto que puede tener un aditivo natural que se pueda encontrar fácilmente en el comercio, en las propiedades mecánicas de un mortero de cemento.

Esta investigación deja una puerta abierta para futuras investigaciones, ya que se observa una tendencia al ascenso en las resistencias tanto a la flexión como a la compresión a medida que aumenta el porcentaje de aditivo en la mezcla. (VIDAL MOYA, 2017).

Plástico Biodegradable A Partir De Almidón De Patata

Para la elaboración de las películas se utilizó almidón de papa, el cual fue mezclado con varios plastificantes: glicerina, alcohol polivinílico y bórax en diferentes concentraciones. A partir de las mejores películas analizadas visualmente se determinó, que el plastificante adecuado era la glicerina, a la cual se añadió melamina como reticulante para disminuir su capacidad higroscópica, y se establecieron las mejores condiciones de trabajo. En las biopelículas obtenidas se analizaron las siguientes propiedades: espesor, solubilidad, humedad, biodegradabilidad, permeabilidad, y la tracción en un solo sentido mediante el método de superficie de respuesta con puntos axiales se escogió la película que presentó las mejores características para el recubrimiento de frutas.

De los resultados se concluye que para cada una de las propiedades mecánicas, físicas y de biodegradabilidad de las películas varían de acuerdo a las concentraciones de almidón y plastificante.

(CHARRO ESPINOSA, 2015).



Ilustración 34. Plástico biodegradable. Fuente: <http://ecoosfera.com/wp-content/imagenes/inventan-plastico-biodegradable.jpg>

7 CAMPAÑA EXPERIMENTAL

Como vimos en los apartados anteriores, existen muchas técnicas para mejorar las construcciones en tierra pero la mayoría está dirigida al proceso constructivo. Con el presente trabajo se pretende mejorar las características residentes de la tierra en la construcción, utilizando compuestos derivados de productos vegetales, específicamente se utiliza el almidón de la semilla de la planta *Oryza sativa* (Arroz) que lo denominemos en adelante como Gel De Origen Vegetal (GOV). Al mejorar la característica resistente de la tierra conlleva intrínsecamente la mejora de las técnicas actualmente utilizadas.

7.1 OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA

Con el desarrollo de la campaña de ensayos se pretende estudiar las propiedades que brinda el GOV (Gel de origen vegetal) al ser utilizado para elaborar bloques de tierra.

7.2 DESARROLLO DE LA CAMPAÑA

Este estudio se estructura de la siguiente manera:

7.2.1 Ensayos previos

En una primera instancia se realizarán ensayos previos que consiste en hacer pruebas empíricas con probetas elaboradas de tierra y diferentes compuestos orgánicos con la finalidad de encontrar el mejor resultado y focalizar el estudio.

7.2.2 Caracterización del material

Solo trabajaremos con dos compuestos, la tierra y el GOV (Gel de origen vegetal) los cuales serán previamente caracterizados de la siguiente manera:

7.2.2.1.1 La tierra

Se utilizará un solo tipo de tierra para toda la campaña y será caracterizado mediante el estudio granulométrico y los ensayos de límites de Atterberg

7.2.2.1.2 GOV

El Gel de origen vegetal, tendrá la misma proporción y el mismo procedimiento de preparación para toda la campaña, sin embargo se distribuirán en tres categorías diferenciadas entre sí por el factor del tiempo de guardado (Tabla 3).

Muestras de GOV	Tiempo de antigüedad
M1_GOV	15 a 28 días
M2_GOV	10 días
M3_GOV	1 día

Tabla 3: Tipología de muestras según su composición y la antigüedad de preparación. Fuente: Elaboración propia

7.2.3 Ensayos a realizar

Finalmente se realizarán los ensayos de acuerdo a la normativa para BTC (Bloque de tierra comprimido) UNE 41410:2008[4], vale recalcar que las probetas que elaboraremos no son BTC, sin embargo se pretende superar las exigencias de esta normativa. Los ensayos a realizarse se distribuyen de la siguiente manera:

7.2.3.1 Ensayos de resistencia Mecánicos

- MOE Modulo de Young
- Flexión y Compresión

7.2.3.2 Ensayos de Envejecimiento Artificial Acelerado

- Humectación y secado

7.2.3.3 Ensayos de Comportamiento frente al agua

- Erosión acelerada Swinburne
- Absorción de agua por capilaridad
- Permeabilidad al vapor de agua

7.3 PROCEDIMIENTO DEL DESARROLLO DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL

1. Primero se procederá a la elaboración del GOV (Gel de origen vegetal).
2. Se procede a la selección de la tierra al que realizaremos las pruebas correspondientes según las normativas vigentes.
3. Una vez que se tiene seleccionado el material (GOV y tierra), se procederá a elaborar la cantidad de muestras y las proporciones de cada uno, en base a los ensayos de límites de Atterberg previamente estudiados, con la finalidad de ver el comportamiento mecánico cuando las muestras están cerca al límite plástico y al límite líquido. Previamente contamos con cuatro tipos de mezclas (Tabla 4) que serán utilizadas en siete proporciones diferentes de seis probetas cada muestra, los cuales tienen variables en cuanto al porcentaje de humedad y tipo de secado (Tabla 5).
4. La muestra uno, se considerará como blanco referente (tabla 5), ya que es el único que no está compuesto por GOV, y sirve para comparar las diferencias en los ensayos que se realicen.
5. Una vez elaborado todas las muestras que son un total de 42 probetas de 4 cm x 4 cm x 16 cm y concluido el ciclo de secado (31 días para las probetas sacadas a la ambiente 16 horas para las probetas secadas en la estufa) se procederá a realizar los ensayos de resistencia mecánica (resistencia a flexión, compresión y el módulo de elasticidad).
6. Se selecciona la muestra que alcance mejores resultados a los ensayos de resistencia mecánica para replicar probetas con proporciones de acuerdo a la muestra seleccionada y continuar con los siguientes ensayos solicitados en la normativa para BTC (envejecimiento y comportamiento al agua) (Tabla 6).
7. Finalmente se realizarán los ensayos de resistencia a la humedad y ensayos de envejecimiento artificial a las probetas elaboradas según la proporción de la muestra que haya sido previamente seleccionada en las pruebas de resistencia mecánica (Tabla 6).

Nº	MATERIAL	Componente de humectación para el bloque de tierra
1	Tierra	Agua
2	Tierra	M1_GOV (guardado de 15 a 28 días)
3	Tierra	M2_GOV (guardado 10 días)
4	Tierra	M3_GOV (guardado 1 día)

Tabla 4: Tipo de mezclas utilizadas. Fuente: Elaboración Propia

TABLA DE MUESTRAS REALIZADAS						
Muestras de probetas	Humectación	porcentaje de humedad	Material	Simbología a utilizar	Tipo de secado	Nº de probetas
Muestra 1	AGUA	22%	tierra	A+T	secado ambiente	3
	AGUA	22%	tierra	A+T	secado en estufa	3
Muestra 2	M1_GOV	22%	tierra	M1+22%	secado ambiente	3
	M1_GOV	22%	tierra	M1+22%	secado en estufa	3
Muestra 3	M1_GOV	30%	tierra	M1+30%	secado ambiente	3
	M1_GOV	30%	tierra	M1+30%	secado en estufa	3
Muestra 4	M2_GOV	26%	tierra	M2+26%	secado ambiente	3
	M2_GOV	26%	tierra	M2+26%	secado en estufa	3
Muestra 5	M3_GOV	22%	tierra	M3+22%	secado ambiente	3
	M3_GOV	22%	tierra	M3+22%	secado en estufa	3
Muestra 6	M3_GOV	36%	tierra	M3+36%	secado ambiente	3
	M3_GOV	36%	tierra	M3+36%	secado en estufa	3
Muestra 7	M3_GOV	30%	tierra	M3+30%	secado ambiente	3
	M3_GOV	30%	tierra	M3+30%	secado en estufa	3

Tabla 5: Muestras realizados con la proporción de cada una de las mezclas. Fuente: Elaboración propia.

ENSAYOS REALIZADOS DE LA CAMPAÑA						
Descripción	Ensayos de resistencia mecánica		Ensayo de envejecimiento artificial acelerado	Ensayos de comportamiento frente al agua		
	Módulo de Young	Compresión y flexión		Erosión acelerada de Swinburne	Absorción de agua por capilaridad	Permeabilidad al vapor de agua
Muestras de probetas			Humectación y secado			
Muestra 1	6 probetas	6 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
Muestra 2	6 probetas	6 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
Muestra 3	6 probetas	6 probetas				
Muestra 4	6 probetas	6 probetas				
Muestra 5	6 probetas	6 probetas				
Muestra 6	6 probetas	6 probetas				
Muestra 7	6 probetas	6 probetas				

Tabla 6: Ensayos realizados (la muestra 1 es el blanco de referencia). Fuente: Elaboración propia.

8 ENSAYOS PREVIOS

8.1.1 Seguimiento Visual

En una primera instancia se realizaron pruebas de manera empírica para ver el comportamiento del GOV (Gel DE Origen Vegetal) al mezclarlo con la tierra, para estos ensayos se utilizó un solo tipo de tierra para todos los ensayos, esta tierra fue extraído de un área ajardinada de la calle Los Cedros 21 de Espulgues de Llobregat. Con el que realizaron 3 tipos de muestras:

- Muestra 1: GOV + TIERRA
- Muestra 2: GOV + TIERRA + 15% harina de maíz
- Muestra 3: GOV + Tierra + 15% Cemento

Las 3 muestras fueron secadas en la estufa a 90°C por un periodo de 5 horas, obteniendo muestras con mejoras aparentes (ilustración 35, 36, 37)



Ilustración 35: Muestra 1, GOV+TIERRA, secado terminado. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 36: Muestra 2 GOV+TIERRA+15% DE ARINA DE MAIZ, secado terminado. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 37: Muestra 3, GOV + Tierra + 15% Cemento secado terminado. Fuente: Elaboración propia

8.1.2 Resultado de los ensayos previos

Resultado muestra 1, GOV+TIERRA: Este bloque a diferencia de los otros aparenta aumentar la resistencia al tacto, formándose una capa de mayor resistencia y de color más oscuro (Ilustración 38)

Resultado muestra 2, GOV+TIERRA+15%(harina de maíz): Estos bloques inicialmente era compactos sin embargo al ejercer presión empezaron a desmoronarse, (Ilustración 39)

Resultado muestra 3, GOV+Tierra+15%(Cemento): En este caso si presenta resistencia aparentemente igual que la primera muestra (Ilustración 40). Partiendo de estos resultados centramos el estudio en el resultado 1, para realizar establecer una campaña de ensayos en el laboratorio, esta muestra está compuesto por tierra y el GOV (Gel de origen vegetal).



Ilustración 38: Resultado de la Muestra 1 GOV+TIERRA. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 39: Resultado de la Muestra 2, GOV+TIERRA+15%. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 40: Resultado caso 3, GOV+Tierra+15% Cemento. Fuente: Elaboración propia

8.2 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

8.2.1 TIERRA

Es un material de suelo no orgánico de Castellbisbal (Barcelona), de color rojizo (ilustración 41). En el presente estudio se realizaron diferentes análisis de suelo para determinar la composición y plasticidad que se detallan a continuación, mediante el proceso de caracterización de la tierra.



Ilustración 41: Bandeja con la tierra o suelo utilizado (Derecha), Proceso de tamizaje (Izquierdo). Fuente: Elaboración propia

8.2.1.1 Proceso de caracterización de la tierra

8.2.1.1.1 Análisis granulométrico

Se realizó el análisis granulométrico de suelos por tamizado basándonos en la norma UNE 103-101 - 95 [1], donde se han obtenido los siguientes resultados (Tabla 7) que nos permiten definir la curva granulométrica y comparar con el diagrama de textura de la tierra (grafico 2) que recomienda la norma UNE 41410 [4], que identificará la tipología de suelo con el que se trabaja.

Tamices UNE designación y abertura (mm)	Retenido tamices parcial (g)	%Retenido	%Retorno acumulado	%Que pasa
2	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1	200.93	19.69%	19.69%	80.31%
0.5	202.17	19.82%	39.51%	60.49%
0.25	150.93	14.79%	54.30%	45.70%
0.125	184.01	18.04%	72.34%	27.66%
0.08	198.43	19.45%	91.79%	8.21%
0.063	69.51	6.81%	98.60%	1.40%
base	14.28	1.40%	100.00%	

Tabla 7: Granulometría de la tierra utilizada. Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos, se procede a realizar la curva granulométrica, con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro ha obtenido

8.2.1.1.2 Curva granulométrica

La curva granulométrica permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen la distribución de los tamaños de grano (diámetros) de las partículas.

Con la curva granulométrica se puede observar la tierra con la que se trabajará, está compuesta por un 92% (936gr) de arena y un 8% (83 gr) de limos y arcillas, por lo que nos encontramos según el sistema unificado de clasificación de suelos, en un SM Arena Limosa.

La UNE 41410: 2008[4], recomienda que la granulometría del material utilizado esté inscrita en el uso del diagrama de textura de la gráfica 2. Los usos del límite de la textura son aproximados. Según esta norma dice que los materiales cuya textura está inscrita en el uso recomendado dan resultados generalmente satisfactorios para elaboración de bloque de tierra comprimida.

La curva granulométrica de la tierra que utilizamos para estudio (Gráfico 1), está en un 80% aprox. dentro de los parámetros que recomienda la UNE 41410: 2008[4]. (Gráfico 2), podemos decir que es una tierra apropiada en base a esta normativa, es necesario recalcar que nos basamos en la norma UNE 41410: 2008[4] ya que nuestro estudio también se basa en bloques de tierra con la diferencia que no es comprimido.

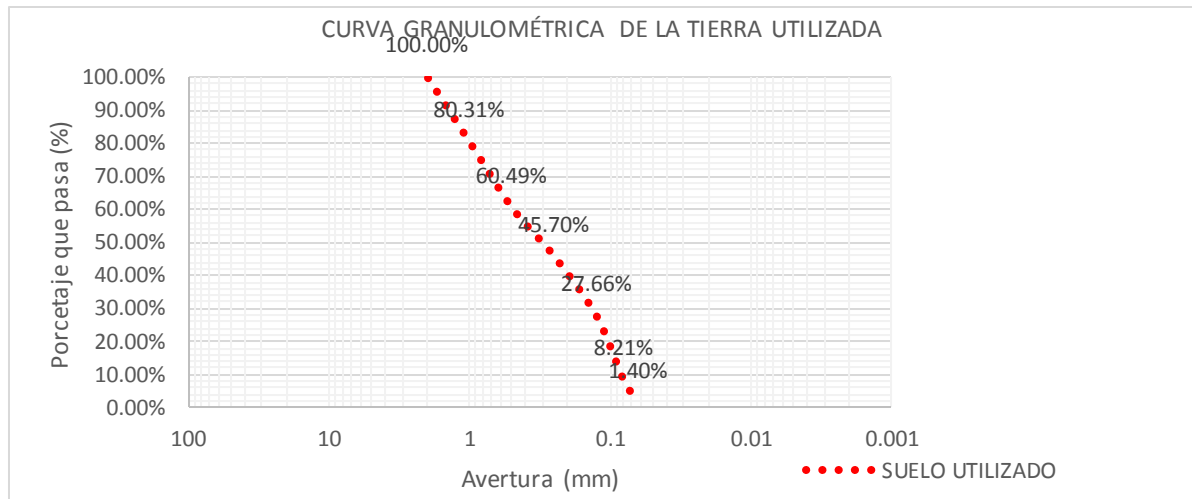


Gráfico 1: Curva granulométrica de la tierra utilizada. Fuente: Elaboración propia

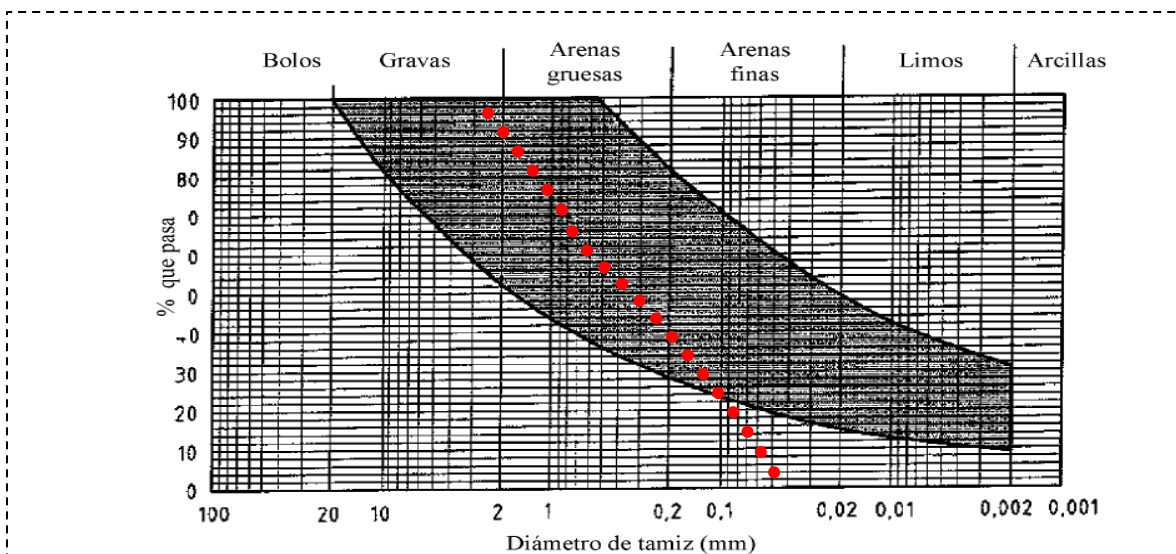


Gráfico 2: Curva granulométrica de tierra utilizada superpuesta en el diagrama de texturas recomendado por la UNE 41410:2008. Fuente: Elaboración propia

8.2.1.1.3 Módulo de Plasticidad del suelo (Atterberg).

La determinación de la plasticidad de los suelos que se utiliza para la fabricación de los bloques de tierra comprimido BTC se realiza según lo establecido en la norma UNE 103103: 1994[2], y UNE 103104: 1993[3].



La UNE 41410: 2008[4] recomienda que la plasticidad del material esté comprendida preferentemente dentro del área sombreada indicado en el Gráfico 4.

Para este estudio se tomó como referente esta norma para establecer el límite líquido y plástico de los finos.



Ensayos realizados: Además de utilizar el agua, también se realizó el ensayo de Atterberg utilizando los tres compuestos orgánicos de GOV (Gel de Origen Vegetal) (tabla 8), con el objetivo de tener parámetros técnicos, los mismos que sirvieron de referencia para establecer proporciones de la mezcla para elaborar las probetas.

Materiales utilizados: Para este ensayo se utilizó la cuchara de Casagrande calibrada, un roturador, balanza electrónica y pie de rey electrónico. La tierra a utilizada pasa por el tamiz N°40 equivalente a 0.063mm de abertura del tamiz.

Ensayo de límites de Atterberg		Límites mínimos y máximos de humedad													
Atterberg 1: Fino con Agua	17%-25%														
Atterberg 2: Fino con M1_GOV	18%-26%														
Atterberg 3: Fino con M2_GOV	21%-29%														
Atterberg 4: Fino con M3_GOV	19%-29%														
porcentaje %															
			17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

Tabla 8: Resultados de los límites de Atterberg. Fuente: Elaboración propia

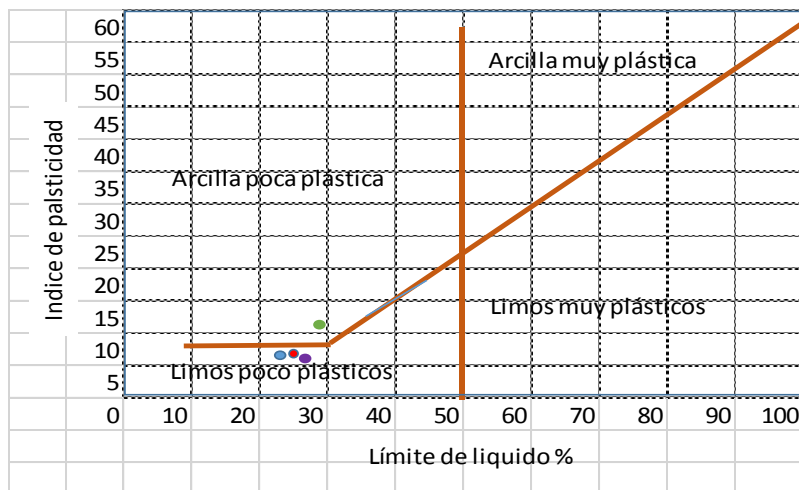


Gráfico 3: Gráfica de Sistema Unificado de Clasificación del Suelo, sirve para clasificar los finos en función de su plasticidad. . Fuente: Elaboración propia

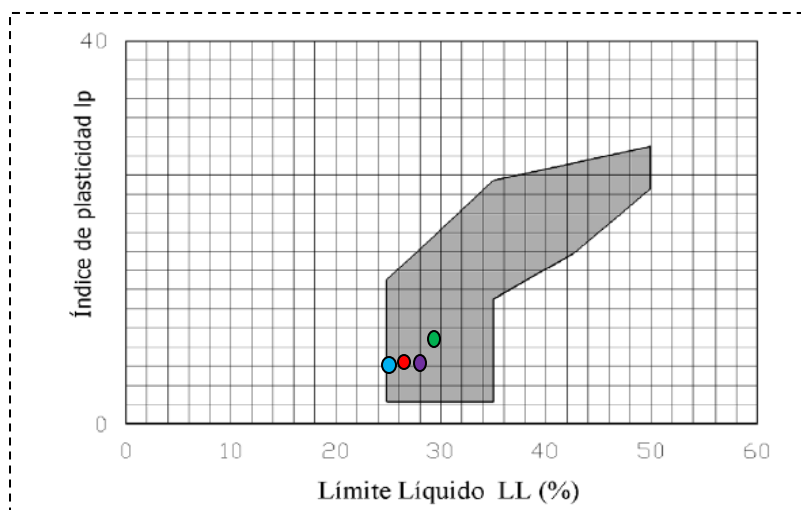


Gráfico 4: Zona recomendada del diagrama de plasticidad de las tierras, según la norma UNE 41410: 2008. Fuente: Elaboración propia.

	<i>Índice de plasticidad</i>	<i>Límite líquido %</i>	<i>Color</i>
<i>Ensayo de límites de Atterberg 1</i>	7.32	24.70%	●
<i>Ensayo de límites de Atterberg 2</i>	8.39	25.90%	●
<i>Ensayo de límites de Atterberg 3</i>	7.96	28.80%	●
<i>Ensayo de límites de Atterberg 4</i>	10.55	29.25%	●

Tabla 9: Resume de los resultados de los límites de Atterberg. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados:

El ensayo de límites de Atterberg 1, que fue humedecido con agua tiene un límite líquido de 24,70% y un límite plástico de 17,38%. Los demás ensayos de límites de Atterberg 2, 3 y 4 que fueron humedecidos con de GOV (Gel de origen vegetal) (Tabla 8), obtuvieron límites líquidos y plásticos mayores, además tienen mayor índice de plasticidad, sobre todo el que fueron elaborado con el M3_GOV (Tabla 8) correspondiente al ensayo de límites de Atterberg 4.

Finalmente se procede a insertar los datos obtenidos al gráfico de Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (Gráfico 3) que sirve para clasificar los finos en función de su plasticidad. También se insertó los resultados en el diagrama de plasticidad de la tierra (gráfico 4), el cual está dentro de la zona recomendada según la norma UNE 41410: 2008[4].

8.2.2 GEL DE ORIGEN VEGETAL

Se trata básicamente de una sustancia, que resulta de la combinación del almidón de arroz y el agua, extraído por ebullición, que forman una sustancia viscosa que lo definiremos como gel de origen vegetal GOV.

8.2.2.1 PROCESO DE ELABORACION

Para empezar debemos hervir una porción de arroz en cinco porciones de agua a fuego lento (Ilustración 44). Cuando el arroz esté algo pastoso, liberará todo el almidón, que al combinarse con el líquido, resulta en un líquido viscoso que denominaremos como gel de origen vegetal. Finalmente se retira el arroz con un colador y conserva sólo el líquido (Ilustración 44).

Se guardó en un lugar fresco para mantener sus propiedades en condicione óptimas durante más tiempo.

Se elaboraron diferentes tipos de GOV (Gel de origen vegetal) con la finalidad de profundizar los estudios sobre el comportamiento de la sustancia en función del tiempo (Tabla 10).



Ilustración 44: Proceso de elaboración del GOV. Fuente: Elaboración propia.

Muestras	Tiempo de antigüedad	Proporción de prelación	Cantidad obtenida respecto al arroz utilizado
M1_GOV	15 a 28 días	1:5	145%
M2_GOV	10 días	1:5	145%
M3_GOV	1 día	1:5	145%

Tabla 10: Tipología del GOV según su composición y la antigüedad de preparación.

A continuación se explica la tabla de tipología del GOV según su composición y antigüedad de preparación (Tabla 10):

- Tiempo de antigüedad: Se refiere a lapso de tiempo que pasa desde el día en que se elabora la sustancia hasta el día que es utilizado.
- Proporción de preparación: Esto indica la cantidad de agua utilizada por cada porción de arroz, expresado en proporción 1:5 (1 porción de arroz por 5 de agua).
- Cantidad obtenido: Se refiere a la cantidad de almidón líquido ganado en proporción a la cantidad de arroz utilizado.
- M1, M2, M3: Significan muestras y se refieren al almidón líquido obtenido que varían de acuerdo al tiempo de antigüedad.



Ilustración 45: Gel vegetal orgánico con un día de antigüedad. Fuente: Elaboración propia

8.2.2.2 PRUEBAS REALIZADAS AL GOV

8.2.2.2.1 Medición de la densidad del GOV

Se realizó la medida de la densidad relativa del GOV, para esto se utilizó un densímetro, este es un instrumento graduado para medir la densidad de un líquido.

La densidad relativa es la densidad de un líquido tomando como referencia la densidad del agua (1 g/ml)

El densímetro tiene la forma de un cilindro hueco con un bulbo pesado en su extremo, esto hace que pueda flotar en posición vertical. Generalmente el densímetro es de vidrio (Ilustración 46).



Ilustración 46: Preparación de la muestra para la medición de densidad (izquierda). Densímetro (derecha). Fuente: Elaboración propia.

Se procedió a la medición de la densidad del GOV. Previamente se agitó el recipiente del GOV para unificar la sustancia y tener mediciones correctas.

Los resultados fueron los siguientes:

MUESTRA	TIEMPO DE ANTIGÜEDAD	FECHA DE ENSAYO	DENSIDAD g/ml
AGUA (REFERENCIA)			1g/ml
M1_GOV	15 a 28 días	13/12/2017	1,020g/ml
M2_GOV	10 días	13/12/2017	1.040g/ml
M3_GOV	1 día	13/12/2017	1,060g/ml

Tabla 11: Ensayo de la densidad de las Muestras

Como podemos ver en los resultados, el M1_GOV es la muestra menos densa, ya que se trata de una muestra con mayor antigüedad de guardado desde la fecha de su elaboración, sin embargo la muestra M3_GOV es más densa 1,060g/ml, esto se refiere a una muestra nueva con una antigüedad de menos de 1 día. Estos factores nos dan resultados concluyentes respecto a la densidad, el cual significa que el GOV es más denso cuando se elabora y mientras pasa más días de guardado va perdiendo su densidad gradualmente, pero la diferencia de densidad es mínima.

8.2.2.2.2 Espectroscopia infrarroja

(Espectroscopia IR) es la rama de la espectroscopia que trata con la parte infrarroja del espectro electromagnético y sirve para estudiar compuesto orgánico.

Con la finalidad de ver los compuestos orgánicos del GOV se realizó la espectroscopia infrarroja de las tres muestras de GOV (Tabla 12), mediante el Espectrofotómetro de infrarrojo (Ilustración 47).

Con el objetivo de ver la diferencia en el secado a la estufa y el secado ambiente, se coloca tres muestras GOV (Tabla 12) en cada recipiente y se seca a la estufa, lo mismo se realiza para secado al ambiente se coloca tres muestras GOV en cada recipiente y se deja secar (Ilustración 48). En el GOV seco es que se realizó la espectroscopia infrarroja ya que se obtiene mejores graficas de resultados.

Muestras de GOV	Tiempo de antigüedad	Simbología del GOV Secado a la estufa	Simbología de GOV Secado al ambiente
M1_GOV	15 a 28 días	HM1_1	AM1_1
M2_GOV	10 días	HM2_1	AM2_1
M3_GOV	1 día	HM3_1	AM3_1

Tabla 12: Tipología de muestras según su composición y la antigüedad de preparación. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 47: Espectrofotómetro de infrarrojo. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 48: Muestras GOV preparadas para el análisis de espectroscopia infrarroja. Fuente: Elaboración propia.

Resultados: Como puedes, ver los picos característicos del IR en todos los casos se observa almidón, pero parece que en la muestra HM1_1 y AM1_1 los picos son más pronunciados, quizás porque al reposar más días hay mayor concentración de almidón. Se debe tener en consideración que el infrarrojo no es un ensayo cuantitativo no se puede saber exactamente la diferencia de almidón que hay entre las tres muestras, además considerado que se puso la misma cantidad de muestra en todos los casos esto podría estar relacionado con una mayor concentración de almidón debido a la solubilidad. Se ha notado en los ensayos realizados que la muestra HM1_1 tiene más poder aglutinante.

Las gráficas de todos los resultados de la espectroscopia infrarroja están en anexo 2

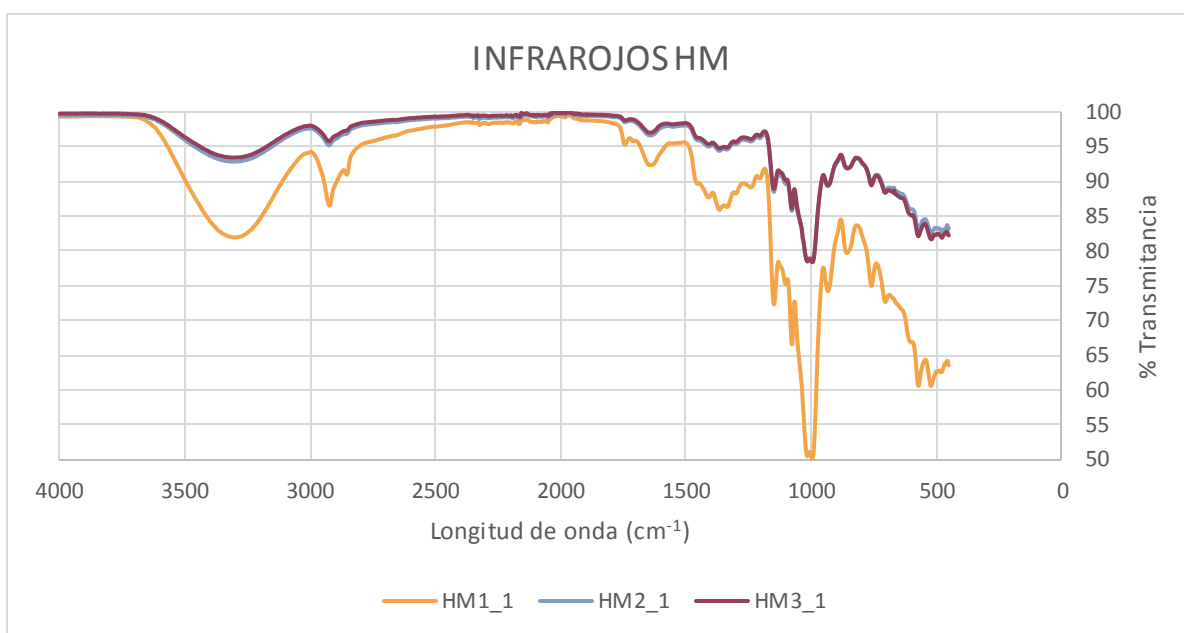


Gráfico 5: Resultados de infrarrojo para las muestras GOV secadas en la estufa. Fuente: Elaboración propia

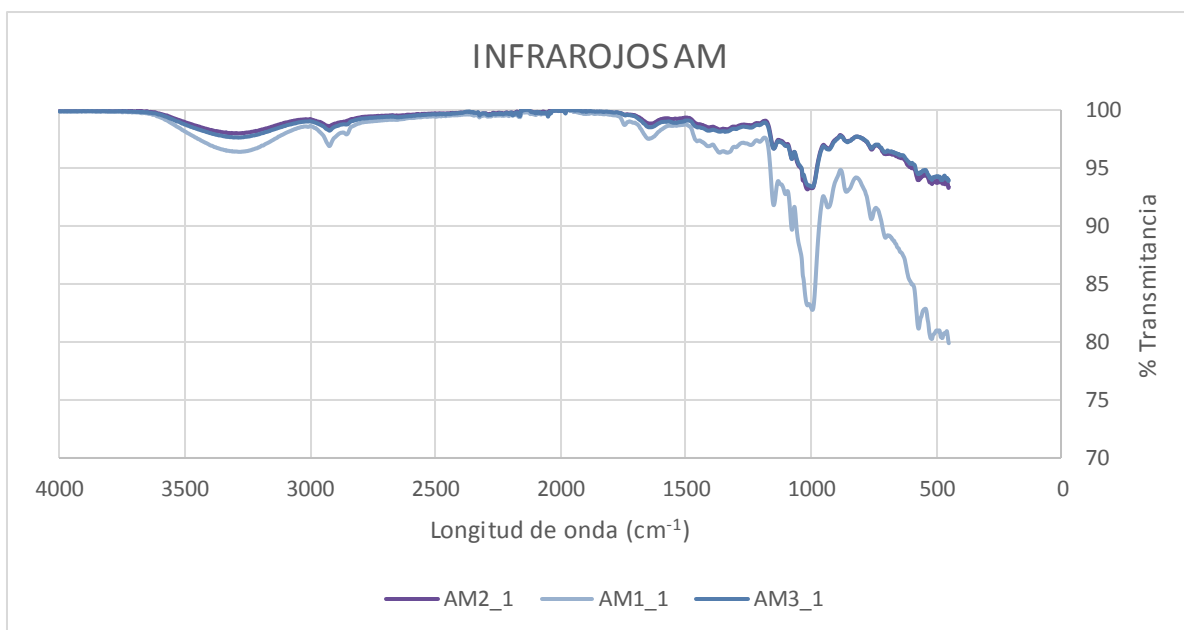


Gráfico 6: Resultados de infrarrojo para las muestras GOV secadas en el ambiente. Fuente: Elaboración propia

9 ENSAYOS REALIZADOS PARA EL ESTUDIO

Como se indicó en el capítulo de la campaña experimental, este estudio cuenta con los siguientes ensayos descritos en la tabla 13.

ENSAYOS REALIZADOS DE LA CAMPAÑA						
Descripción	Ensayos de resistencia mecánica		Ensayo de envejecimiento artificial acelerado	Ensayos de comportamiento frente al agua		
Muestras de probetas	Módulo de Young	Compresión y flexión	Humectación y secado	Erosión acelerada de Swinburne	Absorción de agua por capilaridad	Permeabilidad al vapor de agua
Muestra 1	6 probetas	6 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
Muestra 2	6 probetas	6 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
Muestra 3	6 probetas	6 probetas				
Muestra 4	6 probetas	6 probetas				
Muestra 5	6 probetas	6 probetas				
Muestra 6	6 probetas	6 probetas				
Muestra 7	6 probetas	6 probetas				

Tabla 13: Ensayos realizados para este estudio. Fuente: Elaboración propia.

La muestra 1, (tabla 13, 14) es el blanco referente en todo el desarrollo de la campaña y está compuesto de agua y tierra.

Con los resultados concluyentes de los ensayos de resistencia mecánica, se procede a la elección de la muestra óptima por obtener mejores resultados de resistencia mecánica, que viene a ser la muestra 2, al cual se continúa realizando ensayos de comportamiento frente al agua y ensayos de envejecimiento artificial. Para estos últimos ensayos se elaboran tres probetas y son secados solo a la estufa a 80°C por 16 horas.

DETALLE DE LAS COMPOSICION DE LAS MUESTRAS						
Muestras de probetas	Humectación	porcentaje de humedad	Material	Simbología a utilizar	Tipo de secado	N° de probetas
Muestra 1	AGUA	22%	tierra	A+T	secado ambiente	3
	AGUA	22%	tierra	A+T	secado a la estufa	3
Muestra 2	M1_GOV	22%	tierra	M1+22%	secado ambiente	3
	M1_GOV	22%	tierra	M1+22%	secado a la estufa	3
Muestra 3	M1_GOV	30%	tierra	M1+30%	secado ambiente	3
	M1_GOV	30%	tierra	M1+30%	secado a la estufa	3
Muestra 4	M2_GOV	30%	tierra	M2+26%	secado ambiente	3
	M2_GOV	30%	tierra	M2+26%	secado a la estufa	3
Muestra 5	M3_GOV	30%	tierra	M3+22%	secado ambiente	3
	M3_GOV	30%	tierra	M3+22%	secado a la estufa	3
Muestra 6	M3_GOV	27%	tierra	M3+36%	secado ambiente	3
	M3_GOV	27%	tierra	M3+36%	secado a la estufa	3
Muestra 7	M3_GOV	36%	tierra	M3+30%	secado ambiente	3
	M3_GOV	36%	tierra	M3+30%	secado a la estufa	3

Tabla 14: Ensayos realizados con la proporción de cada una de las mezclas. : Elaboración propia.

9.1 MODULO DE YOUNG DINÁMICO (MOE)

El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.

Para determinar el Modulo de Young dinámico (MOE), se realizó básicamente siguiendo las instrucciones fijadas en la Norma UNE-EN ISO 12680-1 [6], pero basado en un procedimiento no destructivo, denominado “MOE longitudinal por impacto”, descrita en el artículo “Método simple para determinar el módulo de Young dinámico a partir de una excitación por impacto aplicado a morteros de cal y cemento” (ROSELLAMIGO & RODRIGUEZ CANTALAPIEDRA, 2010).

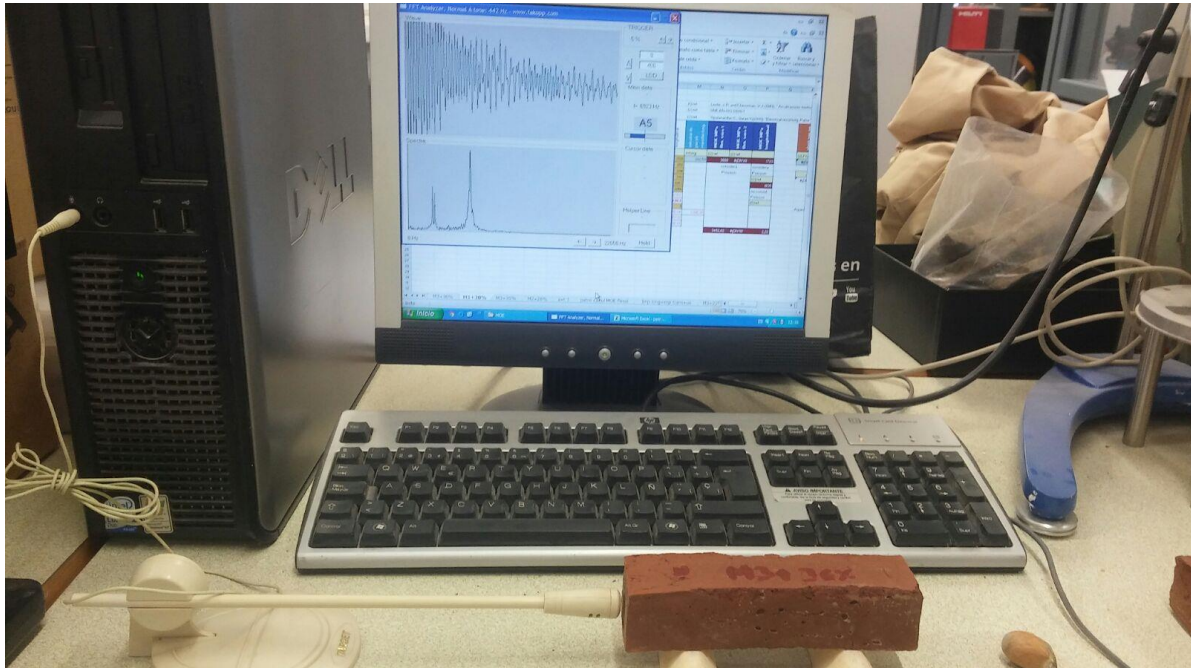


Ilustración 49: Equipo para determinar el MOE por impacto e implementos utilizados.

Implementos usados para el ensayo:

Para este ensayo se utilizaron los siguientes implementos:

1. Elemento o martillo percutor con punta de madera dura y peso liviano
2. Elementos de soporte de las probetas o muestras a ensayar son de poliestireno extrusionado de densidad 35 kg/m³, en forma de prisma triangular de 3 cm de lado.
3. Elemento de captación de señal (micrófono)
4. Sistema de tratamiento de la señal: consta de acondicionador/amplificador de señal y software de análisis del espectro obtenido.

Procedimiento para el ensayo:

Se realiza las medidas de las dimensiones de la probeta y el peso correspondiente, después se realizó una frecuencia de golpes con el martillo percutor sobre la probeta para obtener la frecuencia propia de resonancia, La señal se analiza mediante la transformada rápida de Fourier (FFT) con la ayuda de un software adecuado.

9.2 ENSAYO A COMPRESION Y FLEXION

Estos ensayos se realizaron en base a la norma UNE 41410:2008 [4], con una prensa mecánica de 5000kg, y una velocidad constante de 80mm. Dentro de las instalaciones del laboratorio de la Universidad Politécnica de Cataluña (Ilustración 50).



Ilustración 50: Ensayo de compresión de la probeta M1+22%. Fuente: Elaboración propia.

PREPARADO DE LA MEZCLA

Una vez que se tiene seleccionado y caracterizado el material se procedió con la elaboración de las muestras, el cual cuenta con siete dosificaciones diferentes (Tabla 16) de seis probetas cada muestra, los cuales tienen variables en cuanto al porcentaje de humedad, tipo de secado y tipo de GOV (Gel de origen vegetal) utilizado (tabla 15). Se realizaron 42 probetas en total de 4cm x 4cm x 16cm.

Para la elaboración de las probetas de las siete muestras solo se utilizó un tipo de tierra previamente estudiada, no cuenta con ningún tipo de estabilizante. Se pretende comprobar el comportamiento de GOV (Gel de origen vegetal) al ser utilizada para elaborar bloques de tierra como remplazante del agua.

MUESTRAS GOV	TIEMPO DE ANTIGÜEDAD
M1_GOV	15 A 28 DÍAS
M2_GOV	MENOS DE 10 DÍAS
M3_GOV	MENOS 1 DÍA

Tabla 15: Variables del GOV. Fuente: Elaboración propia.

MUESTRAS	DENOMINACION DE LAS PROBETAS	DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LAS PROBETAS	CANTIDAD DE PROBETAS	SECADO HORNO	SECADO AMBIENTE
MUESTRA 1	A+T	TIERRA + AGUA 27% DE HUMEDAD	6	3	3
MUESTRA 2	M1+22%	TIERRA +M1_ GOV AL 22% DE HUMEDAD	6	3	3
MUESTRA 3	M1+30%	TIERRA +M1_ GOV AL 30% DE HUMEDAD	6	3	3
MUESTRA 4	M2+26%	TIERRA +M2_ GOV AL 26% DE HUMEDAD	6	3	3
MUESTRA 5	M3+22%	TIERRA +M3_ GOV AL 22% DE HUMEDAD	6	3	3
MUESTRA 6	M3+36%	TIERRA +M3_ GOV AL 36% DE HUMEDAD	6	3	3
MUESTRA 7	M3+30%	TIERRA +M3_ GOV AL 30% DE HUMEDAD	6	3	3

Tabla 16: Tipo de mezclas utilizadas para los ensayos. Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de humedad para preparar cada muestra fue definido por el ensayo de límites de Atterberg previamente realizados. Es por eso que las siete muestras varían en cuanto a la cantidad de humedad, que van desde el límite plástico al límite líquido.



Ilustración 51: Tierra seleccionada y GOV (Gel de origen vegetal) M1

Con el fin de evitar la influencia que puede ejercer el medio ambiente con respecto a los resultados es que se establece un protocolo de preparación de la mezcla y de manejo en todo el proceso de trabajo para las siete muestras que consistió de los siguientes pasos:

1. Pesar una cantidad de 800g aprox. de tierra que alcanza para elaborar seis probetas de 4cm x 4cm x 16cm.
2. Pesar el líquido agua o GOV (Gel de origen vegetal), según el porcentaje de humectación previsto (tabla 16)
3. Luego se procede mezclarlo hasta obtener uniformidad en la pasta para finalmente verterlos en los moldes (Ilustración 52).
4. Finalmente, después de 24 horas se retira todas las probetas de los moldes y se colocan en un recipiente los que se secan en el ambiente natural y el otro grupo se procede a colocarlos a la estufa.



Ilustración 52: Probetas recién vertidas en los moldes. Fuente: Elaboración propia.

SECADO

Se realizaron dos tipos de secado para cada uno de los siete muestras, cada muestra tiene seis probetas de las cuales tres probetas fueron secadas a la estufa a 80°C durante 18h, las otras tres probetas fueron secadas en un ambiente de 30 grados centígrados y 38% de humedad relativa por un periodo de 30 y 31 días.



Ilustración 53: Colocación de probetas en la estufa. Fuente: Elaboración propia

Se eligió secar las probetas de las dos formas (Estufa y ambiente), con la finalidad de analizar las variables en los resultados. Todas las probetas después de verter la pasta en el molde se dejó secar por 24 horas, posteriormente se desmoldó y se colocó en bandejas (Ilustración 54) donde se dejó la mitad de las probetas a secado temperatura ambiente por 30 días y la otra mitad se colocó en el horno a 80°C durante 16 horas (ilustración 53), culminado este procedimiento las probetas están preparadas para realizar los ensayos de módulo de elasticidad, resistencia compresión y flexión.



Ilustración 54: Secado de probetas en una bandeja. Fuente: Elaboración propia

9.3 ENSAYO DE HUMECTACION Y SECADO

Este ensayo esta realizado de acuerdo a las indicaciones descritas en la UNE 41410 2008 (4) y tiene como objetivo conocer el comportamiento de las fábricas sometidas a una exposición climática severa para observar si se producen grietas, fenómenos de hinchamiento, perdida de material, y eflorescencias

Este ensayo de humectación y secado se hizo en dos muestras (Tabla 17), el primer ensayo está constituida por agua y tierra y es el blanco referente de A+T, la segunda muestra está constituido por el GOV (Gel de Origen Vegetal) M3, denominado M1+22%, esta última muestra está hecha con la misma proporción de la probeta que alcanzó mayor resistencia en el ensayo a compresión y flexión.

Para cada ensayo se prepararon 3 probetas de 10cm x 10cm x 2cm de altura.

DETALLE DE LAS COMPOSICION DE LAS MUESTRAS						
Muestras	Humectación	porcentaje de humedad	Material	Simbología a utilizar	Tipo de secado	N° de probetas
Muestra 1	AGUA	22%	tierra	A+T	secado a la estufa	3
Muestra 2	M1_GOV	22%	tierra	M1+22%	secado a la estufa	3

Tabla 17: Muestras para el ensayo de humectación y secado. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 55: Sumergido de la probeta A+T para el ensayo de humectación y secado



Ilustración 56: Sumergido de la probeta M1+22% para el ensayo de humectación y secado

9.4 ENSAYO DE EROSION ACELERADA SWINBURNE (SAET)

Este ensayo se realizó siguiendo el procedimiento de la norma UNE 41410 2008 (4). Este ensayo de erosión hídrica acelerada tiene como objeto conocer el comportamiento de los bloques sometidos a una acción directa y constante del agua. Se trata de comprobar la erosión sobre un bloque bajo un chorro directo de agua cayendo desde una altura de 1 m por un periodo de 10min sobre una de sus caras, situada en un ángulo de 27º sobre la horizontal (Ilustración 57), finalmente se mide la profundidad de la oquedad.

Este ensayo se realizó en las mismas probetas que pasaron por el ensayo anterior (Envejecimiento artificial acelerad: humectación y secado), según lo solicita la norma UNE 41410 2008 [4].

Ensayos realizados:

Se toman las mismas muestras ensayadas anteriormente (ensayo de humectación y secado) para realizar el ensayo de erosión acelerada Swinburne, la primera muestra está constituida por tres probetas de agua y tierra (Tabla 18), la segunda muestra está constituido por tres probetas de GOV (Gel de Origen Vegetal) M3, denominado M1+22% (Tabla 18), esta última probeta está hecha con la misma proporción de la probeta que alcanzo mayor resistencia en el ensayo a compresión y flexión.

Al ser las mismas probetas del ensayo anterior (Ensayo de humectación y secado), sus medidas son de 10cm x 10cm x 2cm de altura (Ilustración 57).

DETALLE DE LAS COMPOSICION DE LAS MUESTRAS						
Muestras	Humectación	porcentaje de humedad	Material	Simbología a utilizar	Tipo de secado	Nº de probetas
Muestra 1	AGUA	22%	tierra	A+T	secado a la estufa	3
Muestra 2	M1_GOV	22%	tierra	M1+22%	secado a la estufa	3

Tabla 18: Muestras para el ensayo de erosión acelerada de Swinbrne. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 57: Probeta A+T (imagen izquierda). Probeta M1+22% (imagen Centro). Esquema del ensayo según la norma UNE 41410 2008, dimensiones en mm (Imagen derecha). Fuente: Elaboración propia.

Las imágenes mostradas de las probetas A+T y M1 +22% (Ilustración 57), son probetas que pasaron por el ensayo de humectación y secado (ensayos de envejecimiento) y están secas y listas para el ensayo de erosión acelerada.

9.5 ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD

La determinación de la absorción de agua por capilaridad de los BTC se realiza conforme a las Normas UNE-EN 772-11: 2001 [5] Y UNE-EN 772-11: 2001/A1:2006, Para el procedimiento de nuestro ensayo de absorción de agua por capilaridad se utilizó esta misma normativa.

Los ensayos se realizaron sobre las tres probetas de la muestra A+T (agua y tierra) y en las tres probetas constituidas por la muestra M1+22% GOV (Gel de Origen Vegetal), se optó por escoger solo esta muestra por ser el que obtuvo la mayor resistencia a compresión, y la probeta A+T como referente de comparación (Tabla 19).

DETALLE DE LAS COMPOSICION DE LAS MUESTRAS						
Muestras	Humectación	porcentaje de humedad	Material	Simbología a utilizar	Tipo de secado	N° de probetas
Muestra 1	AGUA	22%	tierra	A+T	secado a la estufa	3
Muestra 2	M1_GOV	22%	tierra	M1+22%	secado a la estufa	3

Tabla 19: Muestras para el ensayo de absorción de agua por capilaridad. Fuente: Elaboración propia

Procedimiento:

Se trata de sumergir una cara de la probeta a 1cm aprox. por un periodo de 10min, realizando pesado progresivos (ilustración 58), dichas probetas no deben tocar el fondo del recipiente al momento de sumergirse.

Las dimensiones de las probetas para este ensayo son un paralelepípedo de 4cmx4cmx16cm



Ilustración 58: Ensayo de absorción por capilaridad, Probeta A+T(izquierda), Probeta M1+22% (Derecha). Fuente: Elaboración propia

9.6 ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

Se realizó en base a la norma UNE-EN ISO 12572 [7]. Este ensayo nos permite determinar si las probetas utilizadas son permeables al vapor.

Para esto se realizaron pruebas en dos muestras diferentes (Tabla 20), el primero se trata del compuesto A+T (es decir agua más tierra) utilizado como blanco referente, y el segundo en el M +22% (tierra mas GOV).

Se elaboraron 3 probetas para cada muestra en forma de paralelepípedos de 4cm x 4cm y 2,20 cm aprox. de altura.

En unos recipientes cúbicos se vertió un poco de agua después se adjunta las probetas y se sella las aberturas, se procedes a pesar y a partir desde entonces se realiza 6 pesadas cada 24 horas (Ilustración 59).

DETALLE DE LAS COMPOSICION DE LAS MUESTRAS						
Muestras	Humectación	porcentaje de humedad	Material	Simbología a utilizar	Tipo de secado	N° de probetas
Muestra 1	AGUA	22%	tierra	A+T	secado a la estufa	3
Muestra 2	M1_GOV	22%	tierra	M1+22%	secado a la estufa	3

Tabla 20: Muestras para el ensayo de absorción de agua por capilaridad. Fuente: Elaboración propia.

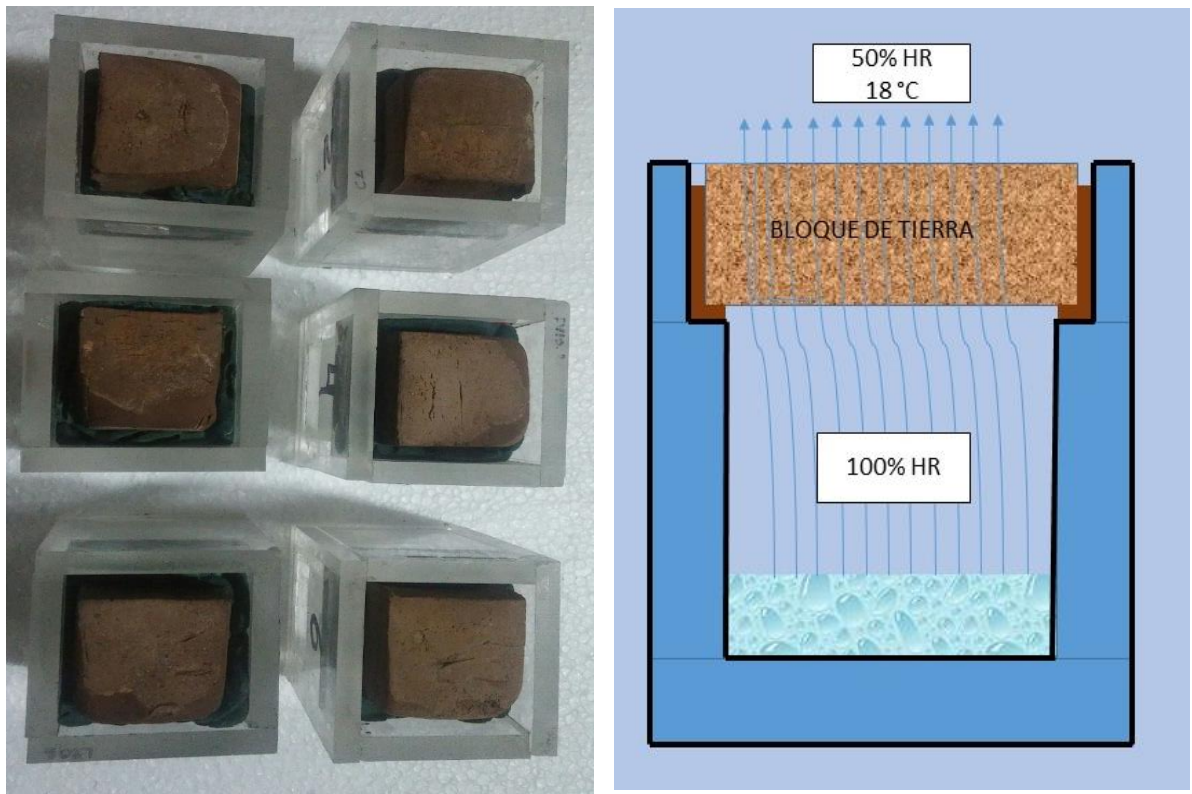


Ilustración 59: Ensayo de permeabilidad al vapor (Izquierda). Esquema en sección del proceso de ensayo de permeabilidad al vapor de agua (Derecha). Fuente: Elaboración propia.

10 RESULTADO DE LOS ENSAYOS E INTERPRETACION

10.1MODULO DE YOUNG

A continuación se presenta el resumen del Módulo de Young dinámico (MOE) ensayados en una cara lateral y en sentido longitudinal. El desarrollo de las fichas de resultados de las pruebas del módulo de Young está adjuntas en anexo 3.

RESULTADO DEL MOE, EN MUESTRAS SECADAS A LA ESTUFA				
MUESTRA	RESULTADOS CARA 1		RESULTADOS LOGITUDINAL	
	MEDIA ARITMÉTICA, Mpa	DESVIACION Estandar	MEDIA ARITMÉTICA, Mpa	DESVIACION Estandar
A+T	4263	365	1819	1728
M1+22%	19172	20662	1826	108
M1+30%	7151	3258	3243	3226
M2+26%	6941	2694	2926	2687
M3+22%	6758	2402	3868	2215
M3+36%	7369	3100	3182	3264
M3+30%	6609	2697	1480	154

Tabla 21: Resultados del MOE, para muestras secadas a la estufa. Fuente: Elaboración propia.

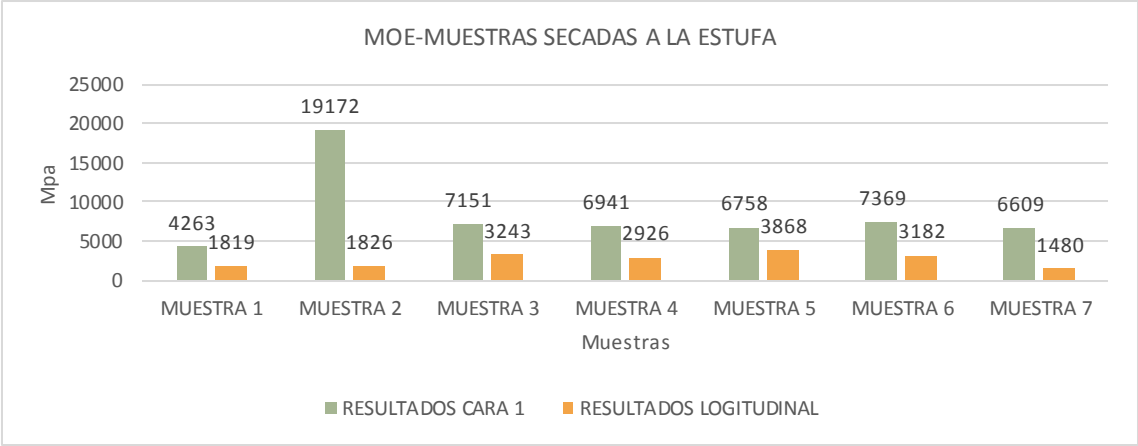


Gráfico 7: Comparativo del MOE para las muestras secadas a la estufa. Fuente: Elaboración propia

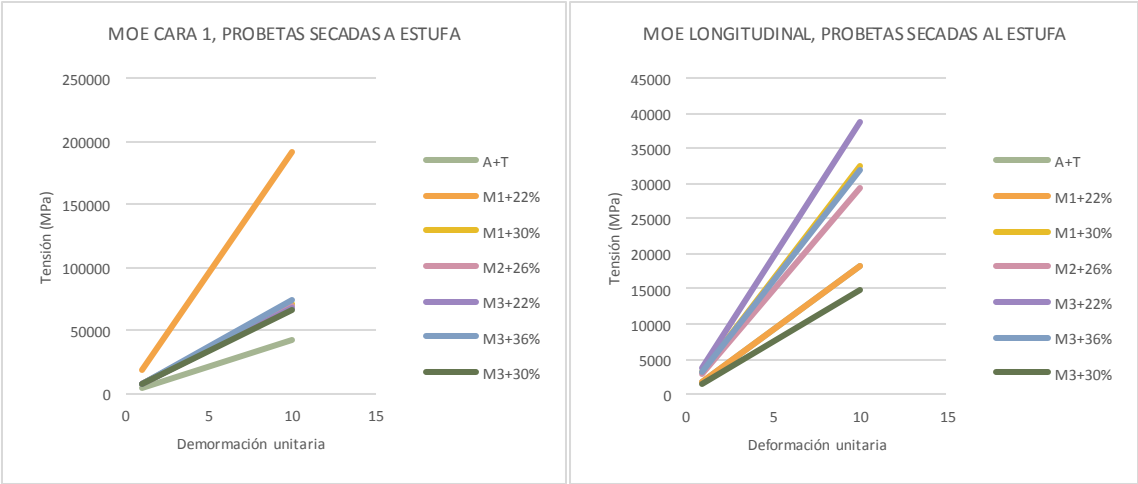


Gráfico 8: Resultados del MOE para muestras secadas a la estufa. Fuente: Elaboración propia.

RESULTADO DEL MOE, EN MUESTRAS SECADAS EN EL AMBIENTE				
MUESTRA	RESULTADOS CARA 1		RESULTADOS LOGITUDINAL	
	MEDIA ARITMÉTICA, Mpa	DESVIACION ESTANDAR	MEDIA ARITMÉTICA, Mpa	DESVIACION ESTANDAR
A+T	3850	1100	2540	1680
M1+22%	8450	650	3102	180
M1+30%	6329	1020	6827	2150
M2+26%	5409	2030	5455	2200
M3+22%	13117	3001	2385	490
M3+36%	4972	198	5608	2500
M3+30%	4266	540	6145	240

Tabla 22: Resultados del MOE, para muestras secadas al ambiente. Fuente: Elaboración propia.

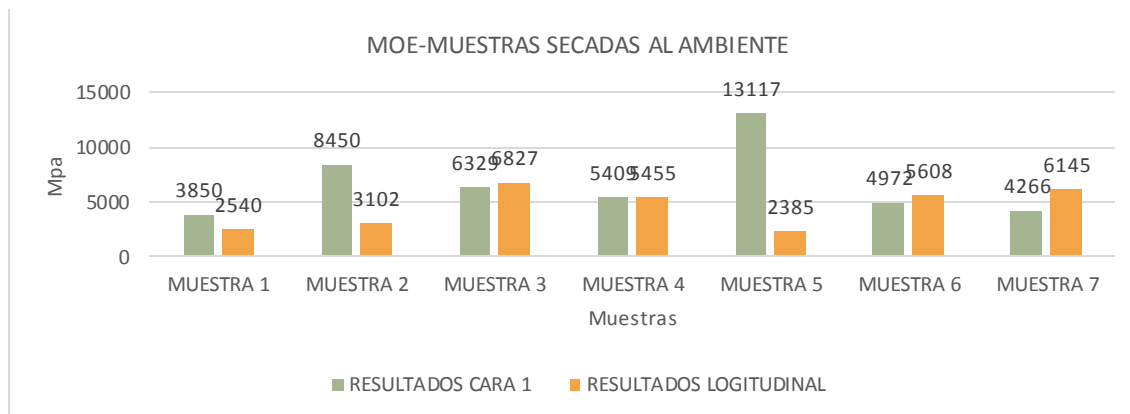


Gráfico 9: Comparativo de los resultados MOE, para probetas secadas al ambiente: Elaboración propia.

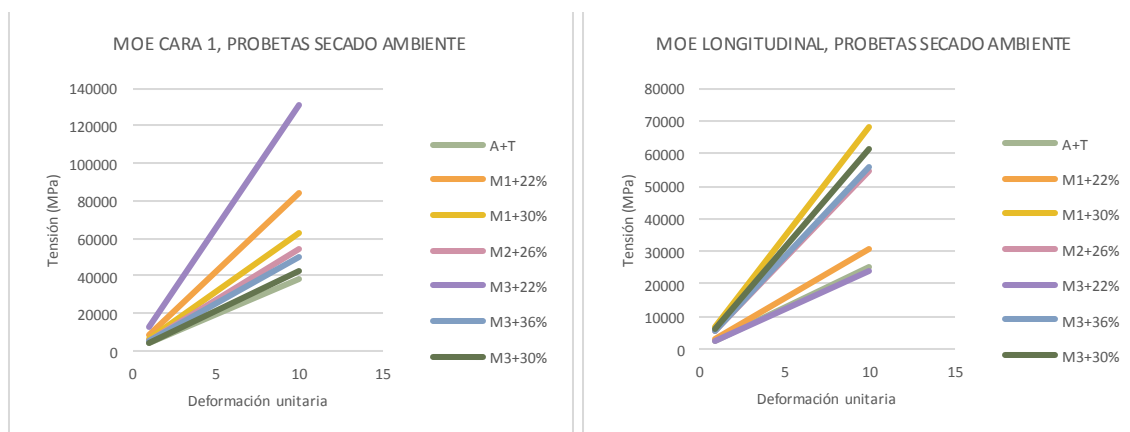


Gráfico 10: Resultados del MOE, para muestras secadas a ambiente. Fuente: Elaboración propia

EL MOE para pruebas realizadas en una de las caras laterales nos indica que las Muestras T+A (blanco referente), tiende a deformarse con la menor tensión de la campaña secados a la estufa (Grafico 7) y secados en el ambiente (Grafico 9) esto nos indica que esta probeta es menos elástica, y por el contrario la muestra M1+22%, en la cara uno, alcanza la mayor tensión de deformación de este ensayo para probetas secadas a la estufa (Grafico,7) y también en las probetas secadas al ambiente es el segundo con mayor tensión alcanzado (Grafico 9) .

El MOE para pruebas realizadas en el sentido longitudinal los resultados nos indican que las muestra M1+22%, tiene mayor elasticidad cuando las probetas son secadas al horno ya que necesita mayor tensión para una determinada deformación, considerando una igualdad de deformación (Grafico 8). Sin embargo para las Muestras secadas en el ambiente el resultado es distinto, es la Muestra M1+30% el que logra mayor tensión.

10.2 ENSAYO A COMPRESION Y FLEXION

A continuación se presenta en forma resumida los resultados obtenidos en este ensayo, en el anexo 4 se presentan todos los resultados de forma detallada.

En la tabla 23 y 24, se describe de forma resumida el resultado de todos las muestras realizado referentes a compresión y flexión, como anteriormente se mencionó, por cada muestra se realizaron seis probetas, tres para ser secados en el horno y tres para secarlos de forma natural, con la finalidad de analizar las características particulares que resulta en cada caso.

La resistencia media o resistencia promedio, se refiere a la media aritmética obtenida de los valores alcanzados a compresión o flexión de las tres muestras.

MUESTRAS		RESISTENCIA A COMPRESION N/mm ² RESISTENCIA MEDIA			
		SECADO EN ESTUFA	DESVIACION ESTANDAR	SECADO AMBIENTE	DESVIACION ESTANDAR
MUESTRA 1	A+T	3.08	0.52	2.74	0.22
MUESTRA 2	M1+22%	7.34	1.40	6.80	0.44
MUESTRA 3	M1+30%	5.35	1.50	4.70	0.76
MUESTRA 4	M2+26%	4.42	1.15	4.65	0.76
MUESTRA 5	M3+22%	5.22	0.15	5.91	0.72
MUESTRA 6	M3+36%	4.82	1.64	5.26	0.44
MUESTRA 7	M3+30%	3.16	0.59	5.06	0.39

Tabla 23: Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos a compresión.

MUESTRAS		RESISTENCIA A FLEXIÓN N/mm ² RESISTENCIA MEDIA			
		SECADO EN ESTUFA	DESVIACION ESTANDAR	SECADO AMBIENTE	DESVIACION ESTANDAR
MUESTRA 1	A+T	0.99	0.07	1.01	0.04
MUESTRA 2	M1+22%	3.88	0.11	3.71	0.08
MUESTRA 3	M1+30%	3.53	0.15	2.67	0.45
MUESTRA 4	M2+26%	2.68	1.09	2.55	0.20
MUESTRA 5	M3+22%	1.98	0.59	1.28	0.18
MUESTRA 6	M3+36%	3.67	0.91	2.54	0.25
MUESTRA 7	M3+30%	2.60	0.36	2.48	0.16

Tabla 24: Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos a flexión.

A continuación presentamos unos cuadros comparativos de resultados de los ensayos de resistencia a compresión y flexión de las siete muestras estudiadas, que nos ayudara a entender mejor los resultados y compararlas entre ellas.

La resistencia media para este estudio se refiere a la media aritmética obtenida de las tres probetas ensayadas para cada muestra determinada secadas al horno y secadas a temperatura ambiente.

GRAFICOS COMPARATIVOS:

EL grafico 11 y 12, nos aportan datos de la media aritmética de resistencia a compresión y de resistencia a flexión respectivamente, de las tres probetas ensayadas para cada muestra secadas a la estufa y al ambiente, para compararlas entre sí.

El gráfico 13 y 14, es una comparación entre la resistencia a compresión y flexión.

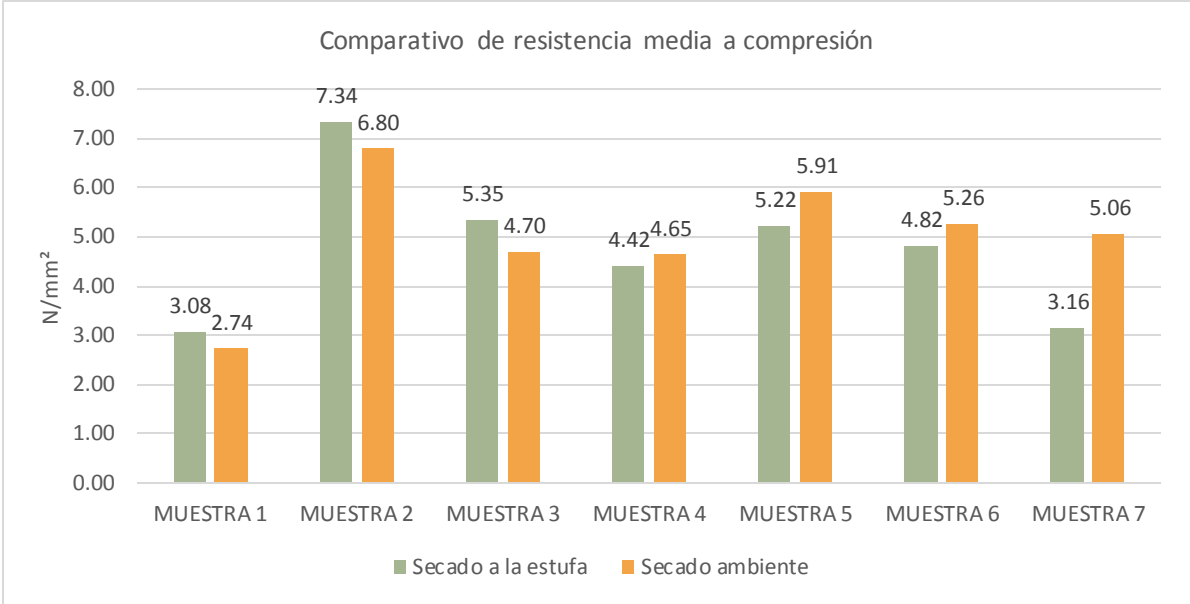


Gráfico 11: Comparativo de resistencia media a compresión

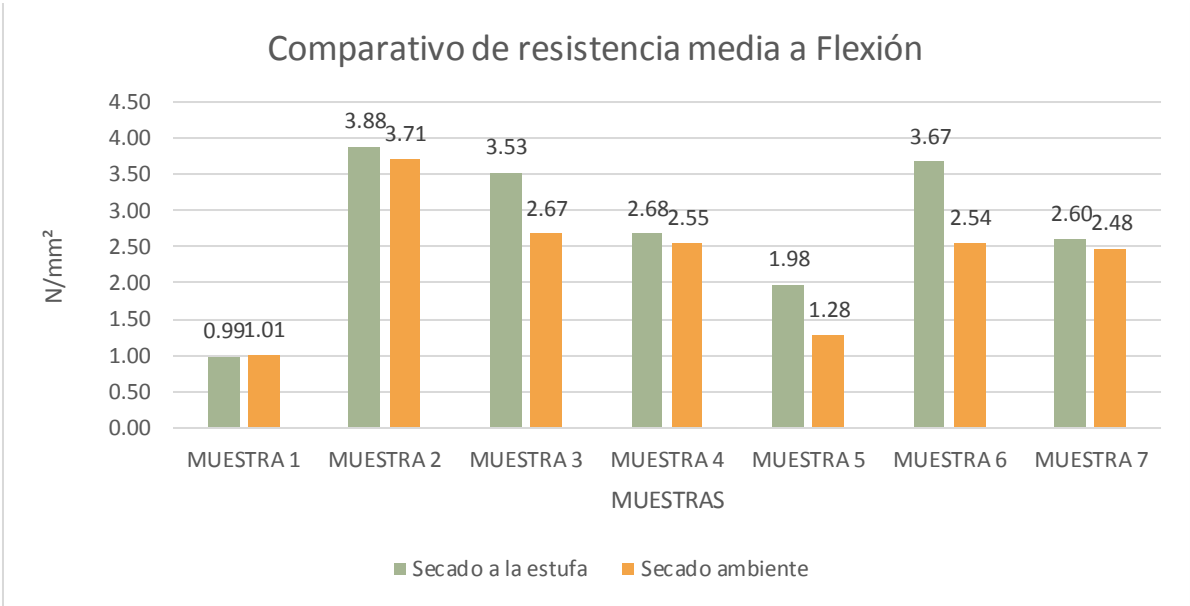


Gráfico 12: Comparativo de resistencia media a flexión.

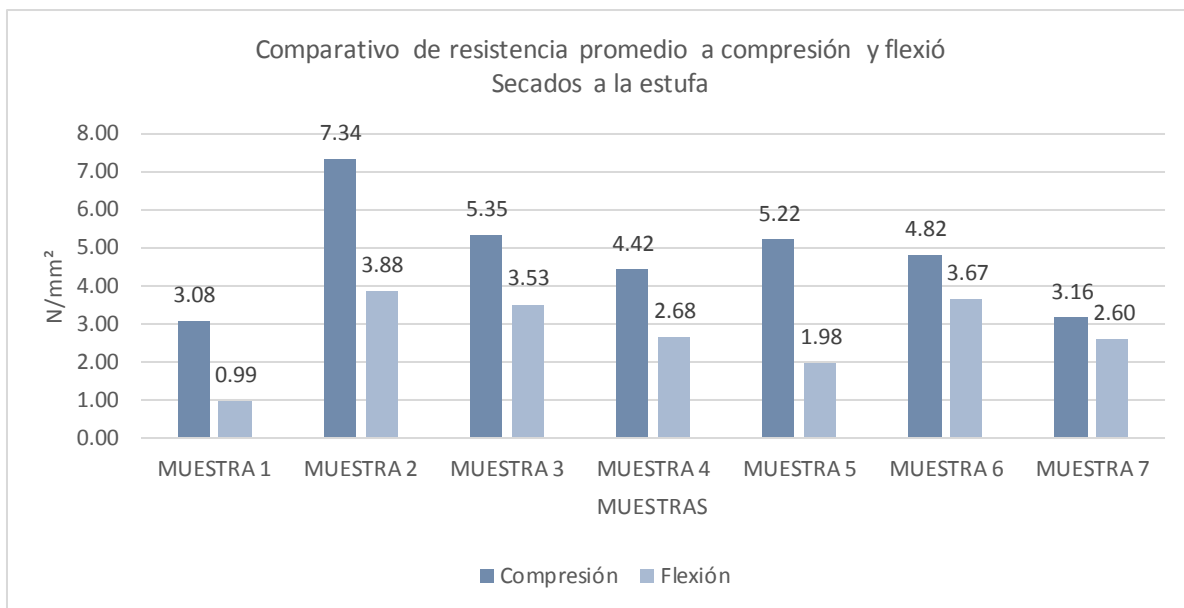


Gráfico 13: Comparativo de resistencia media a compresión flexión, secado a la estufa. Fuente: Elaboración propia

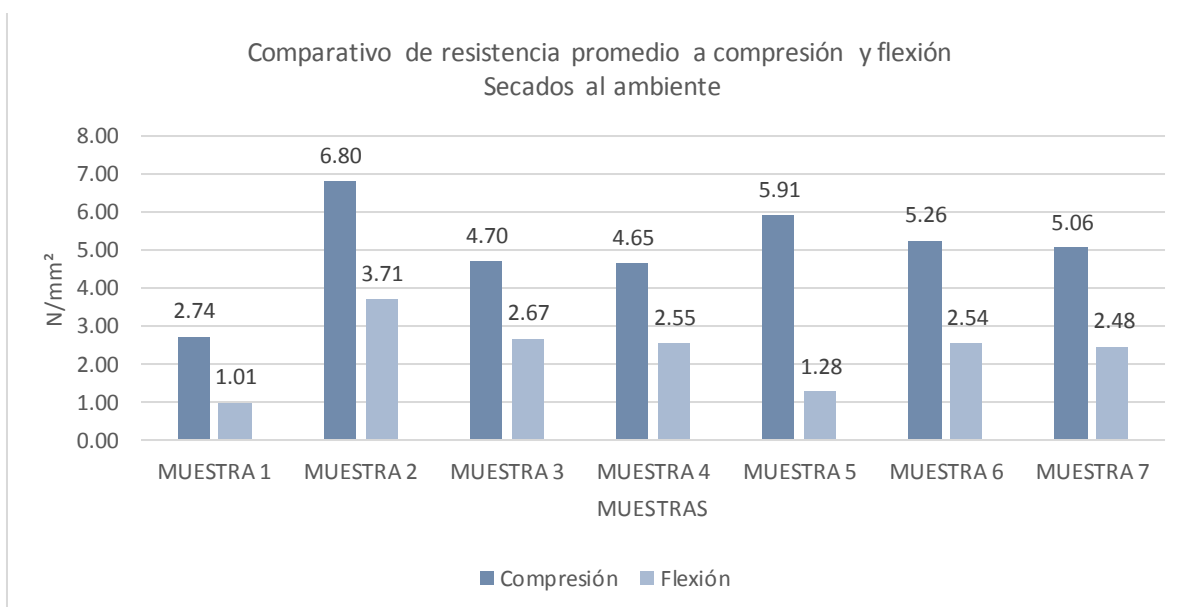


Gráfico 14 Comparativo de resistencia media a compresión flexión, secado a la estufa. Fuente: Elaboración propia

MUESTRAS APLICADAS	Porcentaje de humedad	MUESTRAS GOV	TIEMPO DE ANTIGÜEDAD
MUESTRA 1	22%	SOLO AGUA	-
MUESTRA 2	22%	M1_GOV	15 A 28 DÍAS
MUESTRA 3	30%		MENOS DE 10 DÍAS
MUESTRA 4	26%	M2_GOV	
MUESTRA 5	22%	M3_GOV	MENOS 1 DÍA
MUESTRA 6	36%		
MUESTRA 7	30%		

Tabla 25: Tipos de muestra utilizadas para cada ensayo. Fuente: Elaboración propia.

MEJORES RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN:

Como vemos en la gráfica 11, todos los ensayos en la resistencia media a compresión superan al blanco de referencia (Muestra 1). Siendo el ensayo 2 el que alcanza la mayor resistencia media a compresión llegando hasta una resistencia media a compresión de 7,34 N/mm² y el ensayo 3 es el que menor resistencia alcanza en esta campaña.

Las muestras que tuvieron mejores resultados en compresión fueron las muestras 2 y 5, ambos fueron preparados con la menor cantidad de agua 22% cercanos al límite plástico y con M1_GOV y M3_GOV respectivamente (Tabla 25), pero la muestra 5 el que fue preparado con la M3_GOV, presenta grietas al secar que influyen sobre todo en la resistencia a flexión, cabe recalcar que, a pesar de que presenta grietas es el segundo que alcanzó mayor resistencia a compresión y aparenta mayor dureza al tacto.

MEJORES RESULTADOS A RESISTENCIA A FLEXIÓN:

La muestra 1 es el blanco referente constituido por agua y tierra, y su resistencia compresión no supera 1 N/mm². Sin embargo todas las muestras realizadas con GOV superan en resistencia a flexión al blanco referente (Muestra 1), siendo la muestra 2 el que obtuvo el mejores resultados como resistencia media a flexión en los dos casos secado al horno y secado a temperatura ambiente llegando a superar más del 300% aprox. al blanco referente. El ensayo 2 se elaboró con M1_GOV a una proporción de humedad de 22% (Tabla 25).

MUESTRAS CON RESULTADOS MENOS FAVORABLES:

Las muestras 3, 4, 6 y 7, fueron realizadas con el gel M1_GOV, M2_GOV y M3_GOV según la tabla “tipos de muestras utilizadas para cada ensayo” (Tabla 26), estas muestras se trabajaron con una humedad cerca al límite líquido con la finalidad de evitar agrietamientos, si bien estas muestras finalmente no presentaron grietas considerables sin embargo son los que obtuvieron menor resistencia a compresión.

COMPARATIVO EN LOS TIPOS DE SECADO:

En las muestras 1, 2, 3 las probetas secadas a la estufa alcanzan mayor resistencia media a compresión sobre las probetas secadas a temperatura ambiente (Gráfico 11), sin embargo es necesario recalcar que esta diferencia no es considerable. En las muestras 4, 5, 6 y 7 el fenómeno es inverso, las probetas secadas a temperatura ambiente alcanzan mayor resistencia a compresión media en comparación a los secados a la estufa (Gráfico 11), estos ensayos fueron realizados con GOV M2_GOV y M3_GOV (Tabla 25).

En cuanto a la resistencia a flexión, todas las probetas secadas a la estufa superan a las probetas secadas a temperatura ambiente, con una diferencia mínima, solo en la muestra 6 la diferencia es considerable esto debido a que estas muestras presentan algunas probetas con fisuras que influye sobre en la resistencia a flexión.

ELECCION DE LA MUESTRA CON MEJOR RESULTADO

Después de analizar los resultados se determina que la muestra 2 es la mejor dosificación de la campaña frente a ensayos de resistencia mecánica. Este dato también está respaldado por el análisis conjunto de resultados detallado en el capítulo 11 del presente trabajo de investigación.

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS A COMPRESIÓN CON OTROS ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN

A continuación presentamos diferentes estudios de investigación donde se realizaron ensayos de resistencia mecánica a los bloques de tierra y BTC:

Investigación “Comparación Entre Propiedades Físicas Y Mecánicas De Adobes Tradicionales Y BTC Estabilizados Químicamente” mejor resultado 2,85N/mm² Bloque prensado, Cascara de arroz (10%) (VÁZQUEZ, GUZMAN, & IÑIGUEZ, 2015).

Trabajo final de grado “La tapia como sistema constructivo tradicional” mejor resultado 3.47N/mm² (SERRANO, 2012).

Trabajo final de Master “Protocolo para la obtención de resistencia a compresión en probetas de tierra” mejor resultado bloque de tierra 1,43 N/ mm² (SÁNCHEZ, 2016).

Investigación “Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional” mejor resultado 5.74 N/mm² (VASQUEZ HERNANDEZ, BOTERO., & CARVAJALARANGO, 2015)

Investigación “Construcción con tierra en el sigloXXI”, muestra la siguiente información: Adobe 0,53-1,7N/mm², Cob 1N/mm², BTC bloque de tierra comprimido 1-5N/mm², BTC estabilizado bioterre 10.8N/mm², Tapial 3-4N/mm² (BESTRATEN, HORMÍAS, & ALTEMIR, 2011).

Como podemos ver, el resultado de esta investigación es superior en resistencia mecánica en comparación a los de otros autores, además los bloques de tierra estudiados alcanzan resistencias como un bloque de tierra comprimido y muchos casos superan a un BTC.

Según el reglamento de diseño de mampostería estructural de República Dominicana (COMUNICACIONES, 2007) establece que los bloques de hormigos utilizados para contrucciones que no exceden 4 niveles pueden tener una resistencia de entre 5-6 N/mm², nuestro estudio bloque de tierra no comprimido tiene una media de 7.34 N/mm².

ENSAYO DE HUMECTACION Y SECASO

Las tres probetas de cada ensayo tienen resultados similares, es por eso que se presenta una secuencia fotográfica de los resultados de humectación de una probeta de cada ensayo después de ser sumergidas seis veces siguiendo el protocolo normado (ilustración 60 y 61).

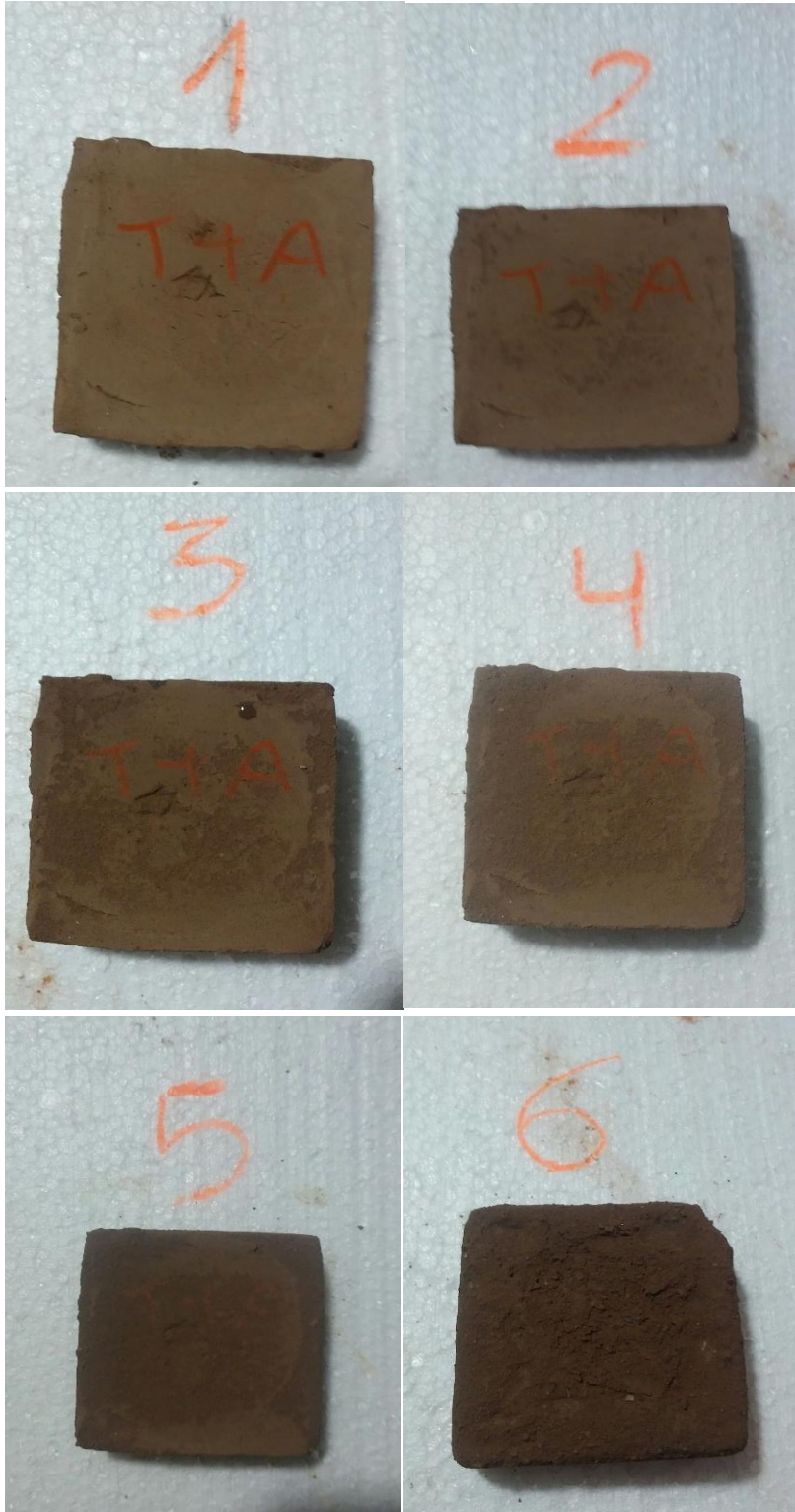


Ilustración 60: Ensayo de humectación y secado 1, Probetas T+A, secuencia fotográfica del secado después de 6 sumergidas al agua.
Fuente: Elaboración propia.

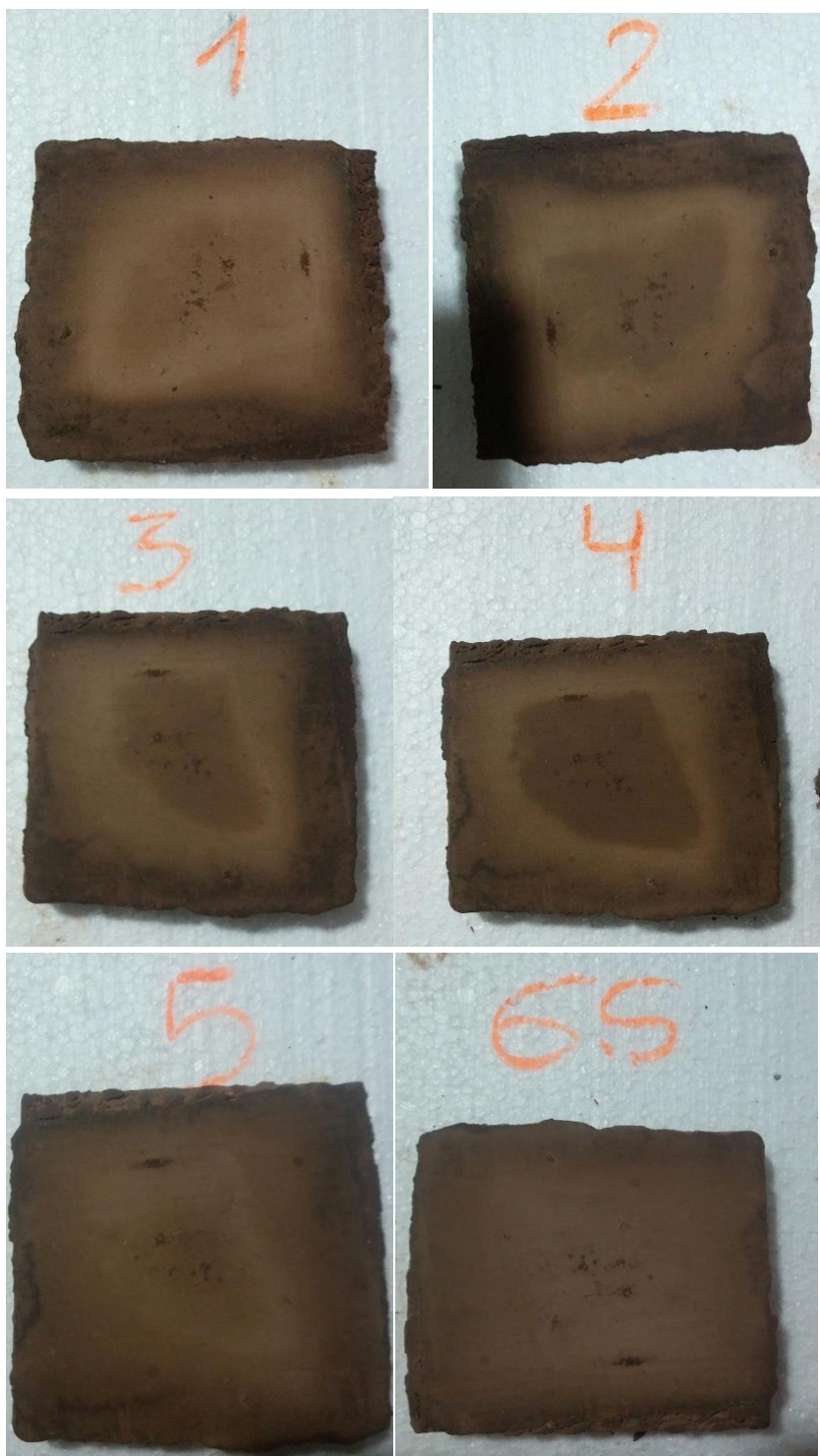


Ilustración 61: Ensayo de humectación y secado 2, Probetas T+A, secuencia fotográfica del secado después de 6 sumergidas al agua.
Fuente: Elaboración propia.

Después de terminar las pruebas se observa una gran diferencia en las dos probetas, en el primero T+A (tierra as agua) no cumple con ningún requisito básico de la norma, sin embargo el segundo M1+22% tiene los siguientes resultados: No existe hinchamientos locales, no hay existencia de picados locales, no hay pérdidas de capas, el agua no penetra a más de 70%, no se percibió la existencia de eflorescencia en la superficie, es decir esta probeta cumplió con los requisitos exigidos en la norma para BTC, vale recalcar que este no es un BTC, es un compuesto de tierra y el GOV (Gel de Origen Vegetal) M3.

10.3 ENSAYO DE EROSION ACELERADA SWINBURNE (SAET)

Como era de suponerse los ensayos de erosión acelerada e la Muestras 1 (A+T), no cumple con los criterios de aceptación ya que la profundidad de la oquedad supera los 10mm, además las probeta tienden a deshacerse (Ilustración 63).

Los resultados fueron satisfactorios para el ensayo de erosión acelerada en la Muestra 2, es decir las probetas que llevan GOV (Gel de Origen Vegetal) M3, como vemos (Ilustración 62) la afectación del chorro de agua por 10min es mínima sobre la superficie de la probeta con una profundidad no mayor a 1mm esto cumple con los requisitos solicitados por la UNE 41410 2008 (4), estipulados en la tabla 26.

Propiedad	criterio	resultado
D, (Profundidad de la oquedad en mm)	$0 \leq D \leq 10$	Bloque apto
	$10 \leq D$	Bloque no apto

Tabla 26: Resistencia a la erosión, criterios de aceptación. Fuente: Elaboración propia

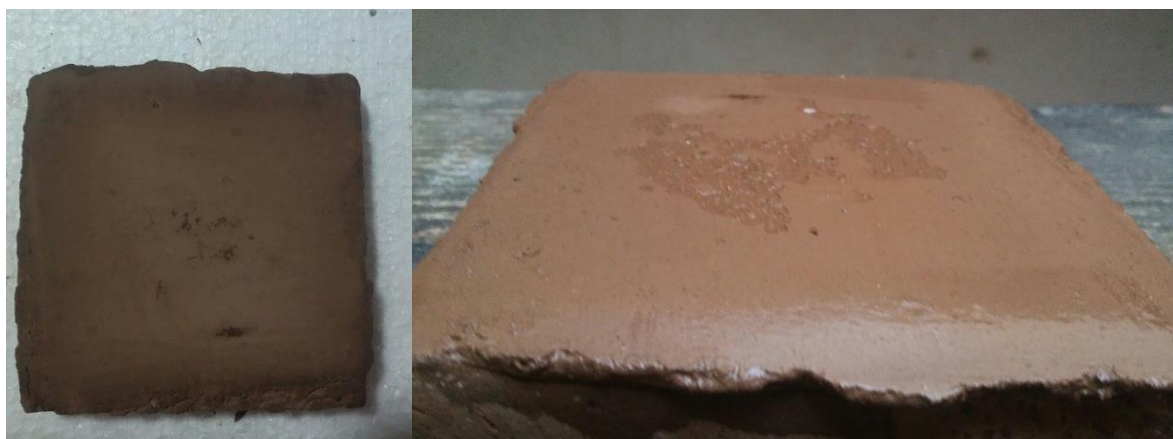


Ilustración 62: Probeta M3+22% antes del ensayo (izquierda). Probeta M3+22% después del ensayo (Derecha). Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 63: Probeta A+T antes del ensayo (izquierda). Probeta A+T después del ensayo (Derecha). Fuente: Elaboración propia.

10.4 ENSAYO DE ABSORCION DE AGUA POR CAPILARIDAD

Como vemos en los resultados después de estar 10 min sumergidos por una cara en el agua, muestran una gran mejora de resistencia al agua cuando las probetas tienen GOV (Gel de Origen Vegetal), en comparación a los que fueron elaborados solo con tierra y agua (ilustración 64), estos últimos terminan desasiéndose al cabo de 3 minutos (Grafica 15). En anexo 5 se adjunta las fichas detalladas de los resultados de los ensayos de absorción por capilaridad.

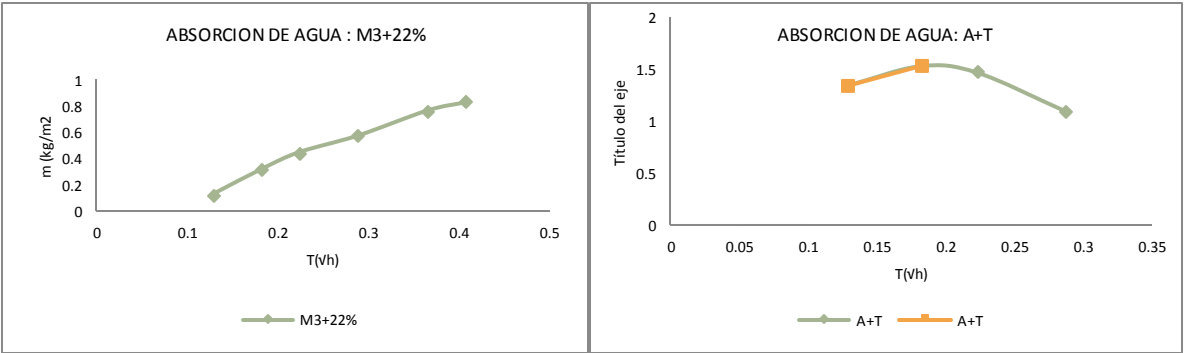


Gráfico 15: Absorción de agua por capilaridad. Fuente: Elaboración propia.

Coeficiente de succión capilar C.A.C. Kg/m2/vh			
Muestras		Coeficiente	Media
Muestra 1	M1+22%_1	2.41	2.55
	M1+22%_2	2.48	
	M1+22%_3	2.77	
Muestra 2	A+T_1	3.59	4.32
	A+T_2	4.79	
	A+T_3	3.59	

Tabla 27: Resumen de coeficientes de succión capilar. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 64: Comparativo de resultados entre probeta con agua (Izquierda) y probeta con GOV (derecha).

Las probetas M1+22%, es decir aquella que contienen GOV, hasta los 10min presentan una absorción progresiva con una coeficiente de succión capilar media de 2.55 (Tabla 27) (Grafico 15).

Por otro lado las probetas de T+A tienen un coeficiente de succión capilar medio de 4,32 mucho más alto que las probetas con GOV, pero presentan un fenómeno diferente, esta succión capilar solo se da hasta el minuto 3, desde aquí en adelante la probeta empieza a perder peso por desmoronamiento debido a la humedad (Grafico 15). La muestra 2, hasta culminar el proceso (10 min) absorbe un 0.75% de humedad, sin embargo la Muestra 1, hasta 2 min. Absorbe 1.4% de humedad.

10.5 ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

Como podemos ver en la tabla de comparación de factores de resistencia al vapor (Tabla 28), el factor medio para las probetas con GOV es relativamente mayor al factor medio de las probetas elaboradas solo con agua. Esto quiere decir que las probetas con GOV poco menos permeables.

Los resultados de permeabilidad al vapor de agua con la utilización del GOV para los bloques de tierra son óptimos, ya que según estas pruebas permite pasar a través de él vapor en tiempo de forma muy similar a los bloques de tierra ordinarios (Grafica 16).

En anexo 6 se adjunta el acta de resultados de las pruebas de permeabilidad al vapor de agua .



Ilustración 65: Ensayo de permeabilidad al vapor de agua

PROBETAS	Factor de resistencia al vapor de agua	
	μ	MEDIA
A+T/1	9.49	9.50
A+T/2	9.48	
A+T/3	9.52	
M1+22%/1	9.49	9.84
M1+22%/2	10.53	
M1+22%/3	9.48	

Tabla 28: Resultados del factor de permeabilidad al vapor de agua

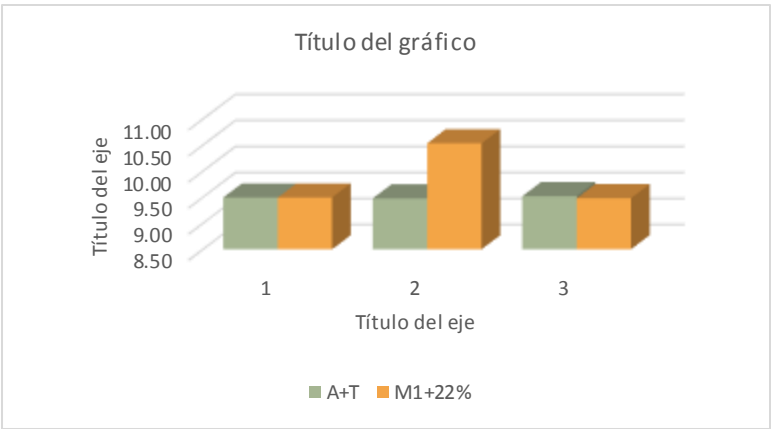


Gráfico 16: Comparativo del factor de resistencia al vapor de agua entre la media de la probeta A+T y la probeta M1+22%

11 ANÁLISIS CONJUNTO DE LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA MECÁNICA

Con la finalidad de ampliar el análisis del comportamiento del GOV en la tierra, se realiza un análisis conjunto de resultados, en el cual básicamente nos centramos en los ensayos de resistencia mecánica que para este estudio están comprendidos por: resistencia a compresión, resistencia a flexión y el módulo de Young.

COMPARATIVO RESISTENCIA MEDIA A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN VS MOE MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO.

Todos los resultados de resistencia media a compresión y flexión superan al blanco de referencia (Muestra 1), (Gráfico 17), este factor es una muestra de que el GOV tiene un efecto positivo para mejorar los bloques de tierra, además en los ensayos del MOE módulo de elasticidad dinámico todos los resultados de las muestras también superan al blanco de referencia (Muestra 1), (Gráfico 18).

La muestra 2 es la que alcanza mayor resistencia media a compresión y flexión (Gráfica 17), ya sea secado a la estufa o secado al ambiente, contrastando con la tabla MOE módulo de elasticidad dinámico (Gráfico 18) vemos que la muestra 2 resulta tener el mayor valor de módulo de elasticidad dinámica en la cara 1 para las probetas secadas a la estufa y el segundo valor más alto para las probetas secadas al ambiente solo superado por la muestra 5. Sin embargo el MOE módulo de elasticidad dinámico longitudinal de la muestra 2 secado al ambiente se obtiene uno de los resultados más bajos, solo superando a la muestra 1 y 5 en probetas secadas al ambiente y superando a la muestra 1 y 7 en probetas secadas a la estufa (Gráfico 18).

Estos resultados nos indican que es más efectivo trabajar con el M1_GOV, es decir GOV que fue guardado entre 15 a 30 días (tabla 29)

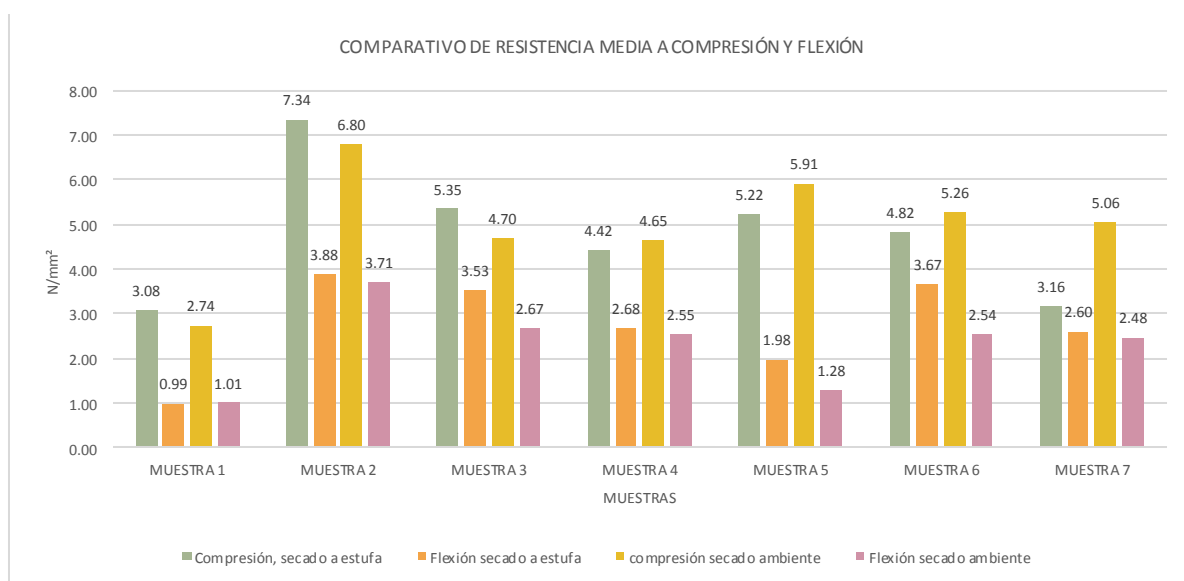


Gráfico 17: Comparativo de resistencia media a compresión y flexión. Fuente: Elaboración propia

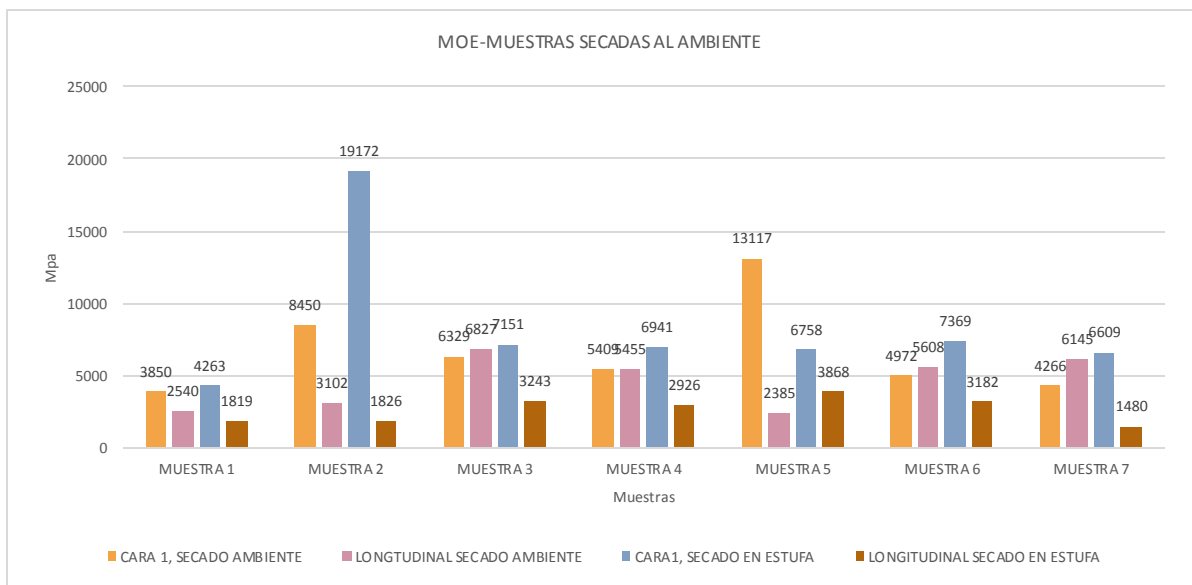


Gráfico 18: Comparativo MOE módulo de elasticidad. Fuente: Elaboración propia

COMPARATIVO DE RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN VS HUMEDAD DE LA MUESTRA

Se realiza esta comparativa para ver la influencia que tiene la cantidad de humedad en la resistencia de las probetas. En la gráfica “comparativa de resistencia vs humedad de las probetas” (Gráfico 19) vemos que las muestras que utilizan GOV y que tienen mayores resultados a compresión son la Muestra 2 y 5, y son a su vez estas dos las que tienen menor cantidad de humedad 22% de la campaña, cerca al límite plástico según los ensayos de Atterberg. Sin embargo en los ensayos de resistencia a flexión (Gráfica 20), la Muestra 5 obtuvo los peores resultados, esto debido a que para la muestra 5 se utilizó M3_GOV (Tabla 29), este es un GOV con un día de preparación que hace que las probetas se fisuren al secarse cuando son elaboradas cerca al límite plástico es decir poca humedad como es el caso de la muestra 5.

Cuando el GOV tiene más días de guardado como es el caso del M1_GOV (tabla 29) no produce fisuras en las probetas cuando se realiza cerca al límite plástico es decir con poca humedad como es el caso de la Muestra 2

Estos resultados nos indican que es más efectivo trabajar con el M1_GOV, es decir GOV que fue guardado entre 15 a 30 días (tabla 29) y a una humedad de 22%, es decir con la Muestra 2.

MUESTRAS APLICADAS	Porcentaje de humedad	MUESTRAS GOV Gel de origen vegetal	TIEMPO DE ANTIGÜEDAD
MUESTRA 1	22%	SOLO AGUA	-
MUESTRA 2	22%	M1_GOV	15 A 28 DÍAS
MUESTRA 3	30%		MENOS DE 10 DÍAS
MUESTRA 4	26%	M2_GOV	
MUESTRA 5	22%		MENOS 1 DÍA
MUESTRA 6	36%	M3_GOV	
MUESTRA 7	30%		

Tabla 29: Composición de las muestras. Fuente: Elaboración propia.

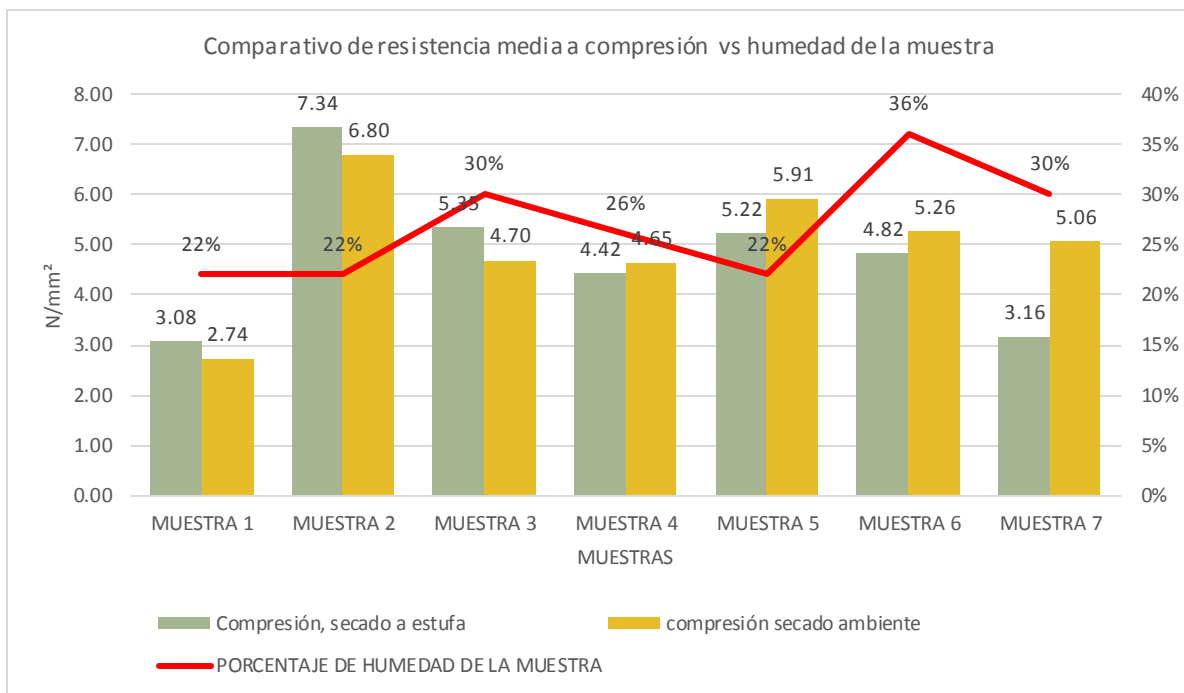


Gráfico 19: Comparativo de resistencia media a compresión vs humedad de la muestra

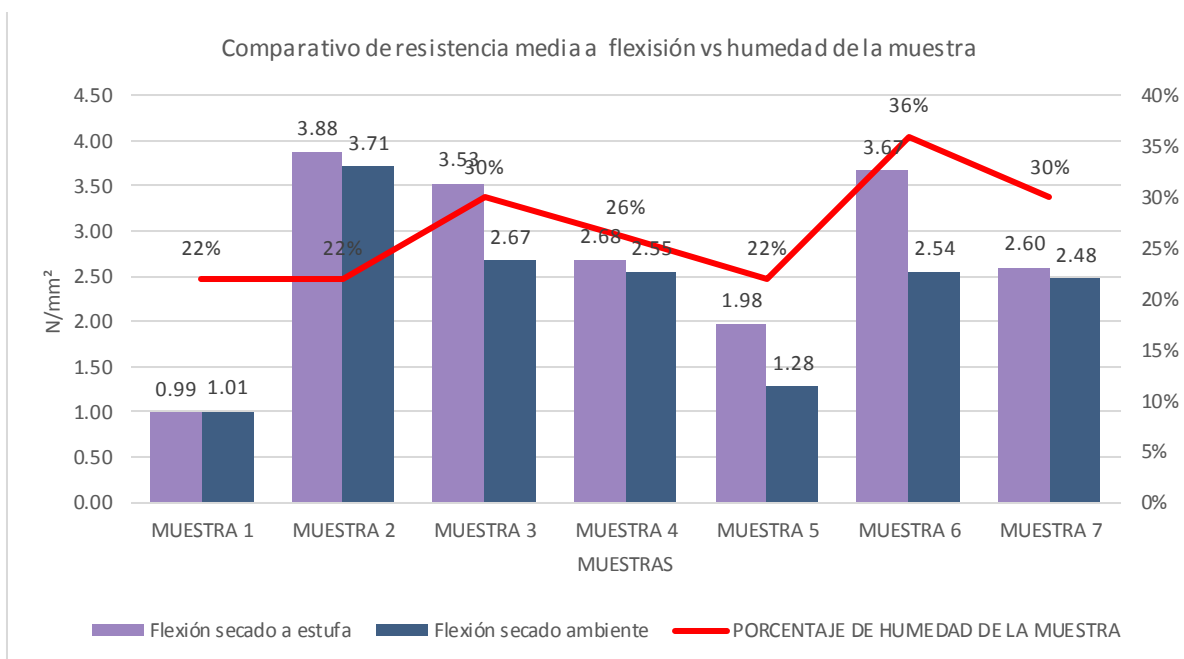


Gráfico 20: Comparativo de la resistencia media a flexión humedad de la muestra

COMPARATIVO RESISTENCIA A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN MEDIA VS DENSIDAD

Las muestras elaboradas con GOV que obtuvieron mayor resistencia a compresión fueron las Muestra 2 y 5, estas mismas también son los que tienen mayor densidad (grafico 21), la Muestra dos tiene una densidad de 1822Kg/m3 con una desviación estándar de 28 Kg/m3 (Tabla 30). Esto es un indicador de que la resistencia mecánica también es influida por la densidad de las probetas,

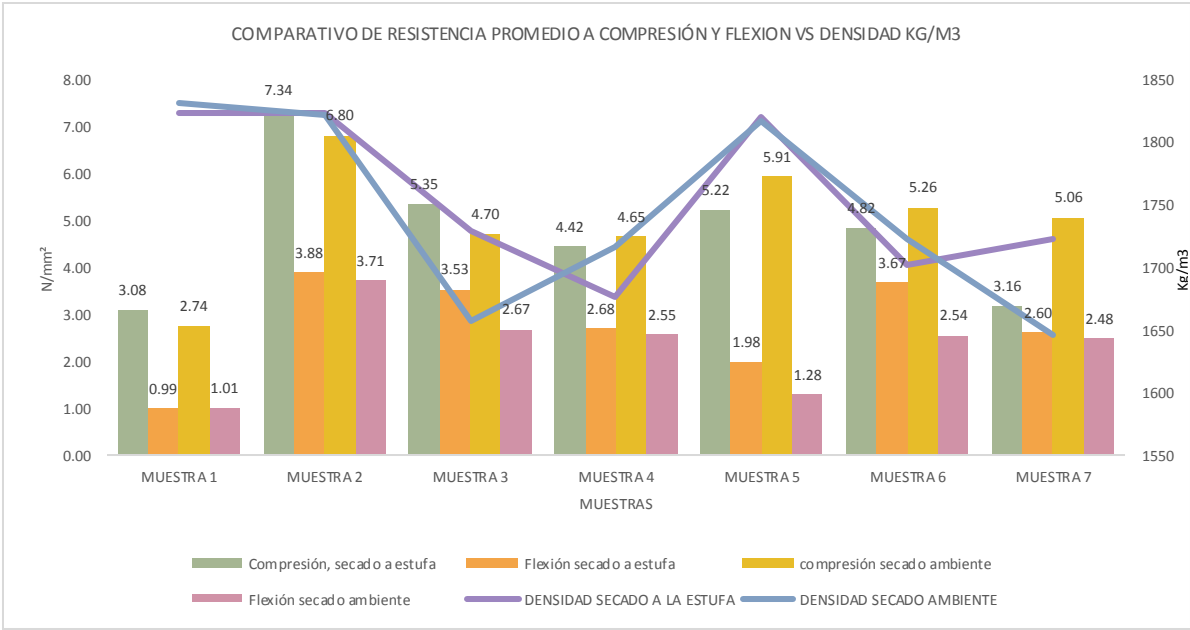


Gráfico 21: Comparativo de resistencia a compresión y flexión media vs Densidad. Fuente: Elaboración propia

MUESTRAS	MUESTRAS SECADAS A LA ESTUFA		MUESTRAS SECADAS A AMBIENTE	
MUESTRAS	DENSIDAD MEDIA Kg/m3	DESVIACION ESTANDAR Kg/m3	DENSIDAD MEDIA Kg/m3	DESVIACION ESTANDAR Kg/m3
A+T	1822.62	28.88	1830.25	30.10
M1+22	1822.79	10.26	1821.24	9.80
M1+30	1728.04	16.43	1657.51	15.21
M2+26	1675.71	22.70	1714.99	15.66
M3+22	1820.16	45.34	1518.79	25.15
M3+36	1701.76	19.02	1721.94	13.20
M3+30	1722.00	5.88	1644.88	10.10

Tabla 30: Densidad de las muestras. Fuente: Elaboración propia

12 CONCLUSIONES

Los ensayos realizados están en base a normativas para para BTC bloques de tierra comprimido, sin embargo con la incorporación del GOV a la tierra se ha logrado superar estas pruebas de forma satisfactorios, a pesar de que estas probetas son elaboradas sin compresión.

Todas las muestras que fueron elaborados con GOV (Gel de Origen Vegetal), obtuvieron resultados de resistencia a compresión y flexión superiores que el blanco de referencia Muestra 1. El GOV mejora la resistencia de la tierra, llegando en la muestra 2 a una resistencia media de 7,34N/mm², es decir que tiene una mejora de 134% a compresión y a flexión media de 3,88 N/mm² esto significa una mejora de 300% a flexión respecto al blanco de referencia. Superando en resistencia mecánica y entre otras características al BTC 5 citado en la norma UNE 41410: 2008.

La mejor muestra en el ensayo a compresión y flexión es el M1+22%, que quiere decir que son probetas elaboradas a base de 100% de tierra y 22% de M1_GOV, el M1 se refiere a la GOV que tuvo tiempo de guardado de 15 hasta 28 días. El 22% es el porcentaje de humedad con el que se elaboran las probetas.

Según la investigación realizada los resultados de resistencia a compresión de esta investigación son superiores a las técnicas constructivas estudiadas hasta hoy en día como bloque de tierra no comprimida, y además está ubicado dentro de los altos estándares de resistencia como bloque de tierra comprimido, sin embargo no es un bloque comprimido.

Las probetas secadas a la estufa presentan en algunos casos mayor resistencia frente a los que fueron secados en el ambiente, sin embargo esta diferencia no es significativa.

El ensayo de humectación y secado de la norma UNE 41410 2008, fueron satisfactorios para la Muestra 2 ya que al terminar el procedimiento de la prueba las probetas no presentan algún daño aparente.

Las Muestras2, resisten al ensayo de la erosión acelerada de la norma UNE 41410 2008, ya que el daño aparente no supera 1mm de profundidad.

La Muestra 2, elaboradas con GOV (Gel de Origen Vegetal) M3, tienen menor absorción por capilaridad que la Muestra 1 elaboradas con agua, además resisten todo el tiempo de prueba solicitado en la norma UNE 41410 2008 para BTC, sin embargo las probetas de Tierra y agua se desintegran a la mitad del procedimiento. La muestra 2, hasta culminar el proceso (10 min) absorbe un 0.75% de humedad, sin embargo la Muestra 1, hasta 2 min. Absorbe 1.4% de humedad.

Los resultados de permeabilidad al vapor de agua e la Muestra 2 son óptimos, ya que según las pruebas realizadas permite pasar a través de él, vapor de agua en el tiempo.

Cuando el GOV tiene más días de guardado como el caso M1_GOV, no produce fisuras en las probetas cuando se realiza cerca al límite plástico, es decir con poca humedad como la Muestra 2, sin embargo cuando el GOV tiene un día de elaboración antes de su utilización como el M3_GOV, produce fisuras en las probetas cuando se utiliza cerca del límite plástico 22% como la muestra 5.

La densidad de las probetas tiene influencia sobre la mejora en la resistencia mecánica.

El bloque de tierra estudiado es un producto completamente ecológico ya que está compuesto con materiales económicos de fácil accesibilidad que no degradan el medioambiente, cuyo proceso de fabricación es sencillo y respetuoso con el medio ambiente, lo que le convierte en una alternativa altamente sostenible.

13 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

13.1 BIBLIOGRAFÍA

- ALAVEDRA, P., DOMINGUEZ, J., & ENGRACIA, G. Y. (1997). LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. EL ESTADO DE LA CUESTIÓN.
- BESTRATEN, S., HORMÍAS, E., & ALTEMIR, A. (2011). CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN EL SIGLO XXI. *Informes de la Construcción*, 63 (523) 5-20. doi:ISSN: 0020-0883. eISSN: 1988-3234
- BLONDET, M., VARGAS, J., TARQUE, N., & IWAKI, C. (julio-septiembre de 2011). CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE EN TIERRA: LA GRAN EXPERIENCIA CONTEMPORÁNEA. doi:10.3989/ic.10.017
- BURRELL, M. (2002). STARCH: THE NEED FOR IMPROVED QUALITY OR QUANTITY – AN OVERVIEW. J. EXPERIM. BOT. 54 (382): 451-456.
- CHARRO ESPINOSA, M. (2015). *OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE PATATA*. Trabajo De Grado Para La Obtención Del Título, Universidad Central Del Ecuador, Facultad De Ingeniería Química, Quito.
- COMUNICACIONES, S. D. (2007). REGLAMENTO R-027 PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL (DECRETO NO. 280-07).
- DEL RIO MUÑOZ, M., ESTEBAN, S., & A. (2011). LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TIERRA" EN: CONSTRUCCIÓN CON TIERRA. *Tecnología y Arquitectura. Congreso de Arquitectura de Tierra en Cusco de Campos*.
- DORREGO, F., LUXÁN, M. P., & SOTOLONGO, R. (1998). LOS TRABADILLOS: ORIGEN, UTILIZACIÓN Y TÉCNICAS DE PREPARACIÓN.
- EZQUER ESPÍN, J. (2007). INTRODUCCIÓN A LA CIVILIZACIÓN SUMERIA, DOCTORADO EN HISTORIA DE ANTIGUAS CIVILIZACIONES.
- FERRÁNDEZ GARCÍA, C. G. (2016). ESTUDIO DE LOS USOS DEL ALMIDÓN EN LA CONSTRUCCIÓN.
- FERRÁNDEZ GARCÍA, C., FERRÁNDEZ GARCÍA, M., FERRÁNDEZ VILLENA, M., & ANDREU RODRÍGUEZ J. Y GARCÍA ORTUÑO, T. (2016). ESTUDIO DE LOS USOS DEL ALMIDÓN EN LA CONSTRUCCIÓN.
- GATTI, F. (2012). *ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN EN TIERRA: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS TÉCNICAS CONTEMPORÁNEAS EN TIERRA*. Projecte Final de Màster Oficial, Universidad Politècnica de Catalunya, Departament de Construcció Arquitectònica I.
- HOZ, J. MALDONADO, L. VELA, F. (2003). DICCIONARIO DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL: TIERRA. doi:ISBN: 978-84-89569-80-5

- LO, C.-L. (Febrero de 2017). ENVIRONMENTAL BENEFITS OF RENEWABLE BUILDING MATERIALS: A CASE STUDY IN TAIWAN. *Article*.
- LÓPEZ ARCE, P. (2012). *CARACTERIZACIÓN DE LADRILLOS HISTÓRICOS EN: LA CONSERVACIÓN DE LOS GEO MATERIALES UTILIZADOS EN EL PATRIMONIO*. Madrid, España.
- PONCE CASTILLO, R. I. (2015). *ELABORACIÓN DE PLACAS RÍGIDAS BIODEGRADABLES, POR MOLDEO EN PRENSA, A PARTIR DE CORTEZAS DE PALMITO, CON ALMIDÓN ACETILADO DE YUCA IMPREGNADO*. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- ROMERO CLAUSELL, J. (2014). *COMPARATIVO DE TODO LOS ADITIVOS ORGÁNICOS UTILIZADOS*. Master en eficiencia energética y sostenibilidad, Universidad Jaume I, España.
- ROSELL AMIGO, J. R., & RODRIGUEZ CANTALAPIEDRA, I. (2010). MÉTODO SIMPLE PARA DETERMINAR EL MÓDULO DE YOUNG DINÁMICO A PARTIR DE UNA EXCITACIÓN POR IMPACTO APLICADO A MORTEROS DE CAL Y CEMENTO. *Materiales de Construcción*, Vol. 61 (301) 39-48. doi:ISSN: 0465-2746, EISSN: 1988-3226
- SÁNCHEZ, B. G. (2016). *PROTOCOLO PARA LA OBTENCIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN PROBETAS DE TIERRA*. MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA EDIFICACIÓN, Universidad Politécnica de Catalunya.
- SANCHIS MULLOR, F. (2009). *LA ARQUITECTURA DE TIERRA. EVOLUCIÓN A TRAVÉS DE LA HISTORIA. (TESIS DE MASTER) UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. SERVICIO DE ALUMNADO, MÁSTER EN EDIFICACIÓN ESPECIALIDAD GESTIÓN*. Valencia, España.
- SERRANO, S. (2012). *LA TAPIA COMO SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL*. TRABAJO FINAL DE GRADO, Universitat de Lleida, Escola Politècnica Superior, Grado Ingeniería de la Edificación.
- SMITH, L.-J. V. (2014). *A PRACTICAL AND SCIENTIFIC TREATISE ON CALCAREOUS MORTARS AND CEMENTS, ARTIFICIAL AND NATURAL*. Cambridge University Press,.
- VASQUEZ HERNANDEZ, A., BOTERO., B., & CARVAJAL ARANGO, L. F. (2015). FABRICACIÓN DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN COMO REEMPLAZO DEL AGREGADO PÉTREO CONVENCIONAL. 197-216. doi:ISSN:1794-9165
- VÁZQUEZ, M., GUZMAN, D. S., & IÑIGUEZ, J. M. (2015). COMPARACIÓN ENTRE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOBES TRADICIONALES Y BTC ESTABILIZADOS QUÍMICAMENTE. 2-10.
- VIDAL MOYA, J. L. (2017). *EFFECTO DEL ALMIDÓN COMO ADITIVO NATURAL EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DE UN MORTERO DE CEMENTO*. Informe de Proyecto de Título para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción.
- ZANCHES MARTINEZ, O. (2010). *EVALUACION TÉCNICA DE ADHESIVO ALTERNATIVO, ACETATO DE POLIVINILO (PVA) - ALMIDÓN DE YUCA, UTILIZADO EN LA UNIÓN DE CINTAS DE BABÚ PARA*

LA CONFORMACION DE MADERA PRENSADA. Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
Cuba.

13.2 NORMATIVAS UTILIZADOS

[1] **UNE 103-101 -95:** Análisis granulométrico de suelos por tamizados.

[2] **UNE 103-103-94:** Determinación del límite líquido de un suelo por el método de Casagrande

[3] **UNE 103-104-93:** Determinación del límite plástico de un suelo.

[4] **UNE 41410:2008:** Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques definiciones, especificaciones y métodos de ensayo

[5] **UNE-EN 772-11: 2001:** Método de ensayo de piezas para fábrica de albañilería

[6] **Norma UNE-EN ISO 12680-1:** “Métodos de ensayo para productos refractarios. Parte 1: Determinación del módulo de Young dinámico (MOE) por excitación de la vibración por impulso” (2007).

[7] **UNE-EN ISO 12572:2016:** Prestaciones higrotérmicas de los productos y materiales para edificación. Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua. Método de la taza (ISO 12572:2016). (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en mayo de 2017.)

13.3 ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: ZIGURAT DE LA CIUDAD DE UR. PRIMEROS PUEBLOS SUMERIOS. FUENTE:

[HTTPS://HISTORIACIVIL.WORDPRESS.COM/2012/09/27/ZIGURAT-DE-UR-2/](https://historiacivil.wordpress.com/2012/09/27/zigurat-de-ur-2/) 3

ILUSTRACIÓN 2: ARQUITECTURA DE TIERRA EVOLUCIÓN A TRAVÉS DE LA HISTORIA: FUENTE (SANCHIS MULLOR, 2009)..... 3

ILUSTRACIÓN 3: MURALLAS DE NÍNIVE. FUENTE: [HTTPS://I2.WP.COM/LAHISTORIAHEREDADA.COM/WP-](https://i2.wp.com/lahistoriaheredada.com/wp-content/uploads/2015/01/ninive01.jpg?ssl=1)

[CONTENT/UPLOADS/2015/01/NINIVE01.JPG?SSL=1](https://i2.wp.com/lahistoriaheredada.com/wp-content/uploads/2015/01/ninive01.jpg?ssl=1) 4

ILUSTRACIÓN 4: ZIGURAT DE LA CIUDAD DE UR. FUENTE:

[HTTP://WWW.HISTORIAANTIGUA.ES/ARTICULOS/ZIGURATUR/FILES/ZIGURAT-DE-UR.JPG](http://www.historiaantigua.es/articulos/ziguratur/files/zigurat-de-ur.jpg)..... 4

ILUSTRACIÓN 5: PALACIO DE POTOLA. FUENTE:

[HTTPS://UPLOAD.WIKIMEDIA.ORG/WIKIPEDIA/COMMONS/THUMB/4/49/POTALA_PALACE24.JPG/1200PX-POTALA_PALACE24.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/Potala_Palace24.JPG/1200px-Potala_Palace24.JPG)..... 5

ILUSTRACIÓN 6 RUINAS DE LA CIUDAD DE MOJENSHO DARO. FUENTE: [HTTP://WWW.ARKIPLUS.COM/WP-](http://www.arkiplus.com/wp-content/uploads/2015/05/harappa-ciudad.jpg)

[CONTENT/UPLOADS/2015/05/HARAPPA-CIUDAD.JPG](http://www.arkiplus.com/wp-content/uploads/2015/05/harappa-ciudad.jpg) 5

ILUSTRACIÓN 7: GRAN MURALLA CHINA. FUENTE:

[HTTPS://CDN3.COMPUTERHOJ.COM/SITES/COMPUTERHOJ.COM/FILES/EDITORES/USER-11130/GRAN_MURALLA_CHINA_ORIGENES_CURIOSIDADES_3.JPG](https://cdn3.computerhoj.com/sites/computerhoj.com/files/editores/user-11130/gran_muralla_china_origenes_curiosidades_3.jpg)..... 6

ILUSTRACIÓN 8: PIEDRA CALIZA POLICROMADA DE LA TUMBA DEL FARAÓN REKHAMIRE. FUENTE: [HTTP://EGIPTOLOGIA.COM/WP-](http://egiptologia.com/wp-content/uploads/2004/12/adoes.jpg)

[CONTENT/UPLOADS/2004/12/ADOES.JPG](http://egiptologia.com/wp-content/uploads/2004/12/adoes.jpg) 6

ILUSTRACIÓN 9: CIUDAD DE CHAN CHAN, PERÚ. FUENTE: [HTTPS://D1BVPOAGX8HQBQ.CLOUDFRONT.NET/ORIGINALS/CHAN-CHAN-CIUDAD-BARRO-MAS-GRANDE-MUNDO-QUEDA-PERU-9EBB04C9F7B8C0458D1D1C39A7B1F058.JPG](https://d1bvpoagx8hqbq.cloudfront.net/originals/chan-CHAN-CIUDAD-BARRO-MAS-GRANDE-MUNDO-QUEDA-PERU-9EBB04C9F7B8C0458D1D1C39A7B1F058.JPG)..... 7

ILUSTRACIÓN 10: CIUDAD DE TAOS, MEXICO. FUENTE: [HTTPS://VIGNETTE.WIKIA.NOCOKIE.NET/PEOPLE-DONT-HAVE-TO-BE-](https://vignette.wikia.nocookie.net/people-dont-have-to-be-anything-else/images/3/3B/90-taos-new-mexico-adventure-towns_25206_600x450.jpg/revision/latest?cb=20150414124042)

[ANYTHING-ELSE/IMAGES/3/3B/90-TAOS-NEW-MEXICO-ADVENTURE-TOWNS_25206_600X450.JPG/REVISION/LATEST?CB=20150414124042](https://vignette.wikia.nocookie.net/people-dont-have-to-be-anything-else/images/3/3B/90-taos-new-mexico-adventure-towns_25206_600x450.jpg/revision/latest?cb=20150414124042)..... 7

ILUSTRACIÓN 11: MEZQUITA DE DJENNÉ, AFRICA. FUENTE:

[HTTP://2.BP.BLOGSPOT.COM/FS7Y7CBVYWO/UZLIJDT1CDI/AAAAAAAAACKc/U529mZON4QA/s1600/GRAN+MEZQUITA+DJENN%C3%A9+MALI.JPG](http://2.bp.blogspot.com/fs7Y7CbVYWo/UZLIJDT1CDI/AAAAAAAAACKc/U529mZON4QA/s1600/GRAN+MEZQUITA+DJENN%C3%A9+MALI.JPG)..... 8

ILUSTRACIÓN 12: CASA EXCAVADA E TIERRA, MATMATA. TUNNEZ. FUENTE: https://lh3.googleusercontent.com/-OP2NDRFKAVc/WSPX48-J4MI/AAAAAABSQY/SOCHLZEfdF4YkVCBqF29QJERNDCA1QU9WCHM/MATMATA-TUNISIA-66?imgmax=1600	8
ILUSTRACIÓN 13: LA ALHAMBRA DE GRANADA. FUENTE: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/80/Alcazaba%2C_Alhambra%2C_Granada%2C_Spain.jpg/300px-Alcazaba%2C_Alhambra%2C_Granada%2C_Spain.jpg	9
ILUSTRACIÓN 14: MURALLAS DE NULES O MASCARELL (CASTELLÓN). FUENTE: https://www.verpueblos.com/fotos_originales/8/6/3/00009863.jpg	9
ILUSTRACIÓN 15: OFICINAS IMPRENTA GUGLER PRINT&MEDIA, MELK AUSTRIA, REALIZADO EN 1999-2000. FUENTE: http://www.lehmtone.de/at/uploads/pictures-w850/gugler_03_4c.jpg	10
ILUSTRACIÓN 16: NK MIP DESERT INTERPRETIVE CENTER, CANADÁ. FUENTE: http://sirewall.com/wp-content/uploads/2015/07/nk-mip-detail-2.jpg	11
ILUSTRACIÓN 17: LA “BACK 40” HOUSE, USA. FUENTE: http://homeworldddesign.com/wp-content/uploads/2016/06/casa-caldera-small-shelter-in-arizona-by-dust-1.jpg	11
ILUSTRACIÓN 18: PASOS DE UNA TAPIA POSTENSADA. FUENTE: (GATTI, 2012).....	12
ILUSTRACIÓN 19: CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA, CHILE. FUENTE: http://www.marcelocortes.cl/proyectos/portada/images/cea_06.jpg	12
ILUSTRACIÓN 20: RESIDENCIA SALVATIERRA, FRANCA 2002. FUENTE: http://www.reseau-breton-batiment-durable.fr/sites/default/files/rec-1369670385-residencesalvatierra.jpg	13
ILUSTRACIÓN 21: ESCUELA INFANTIL, CATALUÑA, ESPAÑA 2010. FUENTE: http://www.gencat.cat/big/img/268/big_268570913120511_02.jpg	13
ILUSTRACIÓN 22: PROTOTIPO ADOBE ARMADO, PERÚ 2005. FUENTE: http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/5290/6117/9269	14
ILUSTRACIÓN 23: VIVIENDA SISMORESISTENTE. FUENTE: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:AND9GcTRJtJmPJL6OVLZ3ov9GjvR8IEhChYk3Yt24_2VkhEEHAUDWaxKNA	15
ILUSTRACIÓN 24: ESCUELA, BANGLADESH 2005. FUENTE: https://enbuscadelasostenibilidad.files.wordpress.com/2015/08/meti-002.jpg	15
ILUSTRACIÓN 25: NEUBAU WOHNHAUS FLURY, ZUISA 2009. FUENTE: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/2a/b3/3c/2ad33c827de2ca5872984f4dbb639c55--clay-houses-rauch.jpg	16
ILUSTRACIÓN 26: MARIPOSA ECO-VILLAGE, USA 2009. FUENTE: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:AND9GcQq4OP8TEGL0S9IVUfOHnQ1AAOG_6944V2GcND6Vv4JEEqs2EL5ZW	17
ILUSTRACIÓN 27: PROCESO CONSTRUCTIVO, MARIPOSA ECO-VILLAGE, USA. FUENTE: https://naturalbuild.files.wordpress.com/2010/10/mariposa-pic-2.jpg	17
ILUSTRACIÓN 28: ECO-HOTEL, UCRAÑA 2007. FUENTE: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/40/60/61/406061f441b93e7eece285d46772c175.jpg	18
ILUSTRACIÓN 29: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TÉCNICA DE LLENADO DE TIERRA, 2007. FUENTE: https://pics.livejournal.com/unhoused/pic/0005ahhk/s320x240	19
ILUSTRACIÓN 30: EMERGENCY SHELTERS, IRAN 1995. FUENTE: https://lh5.googleusercontent.com/-ZRRM-SOMP4/TYzoA6HJD6I/AAAAAAAAAXK/RU_pLoIQ-Zo/s1600/2-CALEARTH5.jpg	19
ILUSTRACIÓN 31: CULTIVO DE AGAVE, EXISTEN ESTUDIOS DEL USO DE AGAVE COMO ADITIVO PARA BOQUES DE TIERRA. FUENTE: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:AND9GcSLORLHdCDZMRDJHKWZSXcQg9UA8ZU0PS_0MLMJM-2EMLPCNENO21	21
ILUSTRACIÓN 32: ALMIDÓN. FUENTE: https://curiosoando.com/wp-content/uploads/2015/12/almidon-modificado.jpg	24
ILUSTRACIÓN 33: YUCA EN CORTE TRANSVERSAL. FUENTE: http://vivatumusica.com/wp-content/uploads/2017/02/yuka.jpg	26
ILUSTRACIÓN 34. PLÁSTICO BIODEGRADABLE. FUENTE: http://ecoosfera.com/wp-content/images/inventan-plastico-biodegradable.jpg	26

ILUSTRACIÓN 35: MUESTRA 1, GOV+TIERRA, SECADO TERMINADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	30
ILUSTRACIÓN 36: MUESTRA 2 GOV+TIERRA+15% DE ARINA DE MAIZ, SECADO TERMINADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	30
ILUSTRACIÓN 37: MUESTRA 3, GOV + TIERRA + 15% CEMENTO SECADO TERMINADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	30
ILUSTRACIÓN 38: RESULTADO DE LA MUESTRA 1 GOV+TIERRA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	31
ILUSTRACIÓN 39: RESULTADO DE LA MUESTRA 2, GOV+TIERRA+15%. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	31
ILUSTRACIÓN 40: RESULTADO CASO 3, GOV+TIERRA+15% CEMENTO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	31
ILUSTRACIÓN 41: BANDEJA CON LA TIERRA O SUELO UTILIZADO (DERECHA), PROCESO DE TAMIZAJE (IZQUIERDO). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	32
ILUSTRACIÓN 42: MATERIALES UTILIZADOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE PLASTICIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	34
ILUSTRACIÓN 43: CONTENIDO DE LAS MUESTRAS PARA EL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO.....	34
ILUSTRACIÓN 44: PROCESO DE ELABORACIÓN DEL GOV. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	36
ILUSTRACIÓN 45: GEL VEGETAL ORGÁNICO CON UN DÍA DE ANTIGÜEDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	37
ILUSTRACIÓN 46: PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA LA MEDICIÓN DE DENSIDAD (IZQUIERDA). DENSÍMETRO (DERECHA). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	38
ILUSTRACIÓN 47: ESPECTROFOTÓMETRO DE INFRARROJO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	39
ILUSTRACIÓN 48: MUESTRAS GOV PREPARADAS PARA EL ANÁLISIS DE ESPECTROSCOPIA INFRARROJA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	39
ILUSTRACIÓN 49: EQUIPO PARA DETERMINAR EL MOE POR IMPACTO E IMPLEMENTOS UTILIZADOS.....	42
ILUSTRACIÓN 50: ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LA PROBETA M1+22%. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	43
ILUSTRACIÓN 51: TIERRA SELECCIONADA Y GOV (GEL DE ORIGEN VEGETAL) M1	44
ILUSTRACIÓN 52: PROBETAS RECIÉN VERTIDAS EN LOS MOLDES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	44
ILUSTRACIÓN 53: COLOCACIÓN DE PROBETAS EN LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	45
ILUSTRACIÓN 54: SECADO DE PROBETAS EN UNA BANDEJA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	45
ILUSTRACIÓN 55: SUMERGIDO DE LA PROBETA A+T PARA EL ENSAYO DE HUMECTACIÓN Y SECADO	46
ILUSTRACIÓN 56: SUMERGIDO DE LA PROBETA M1+22% PARA EL ENSAYO DE HUMECTACIÓN Y SECADO	46
ILUSTRACIÓN 57: PROBETA A+T (IMAGEN IZQUIERDA). PROBETA M1+22% (IMAGEN CENTRO). ESQUEMA DEL ENSAYO SEGÚN LA NORMA UNE 41410 2008, DIMENSIONES EN MM (IMAGEN DERECHA). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	47
ILUSTRACIÓN 58: ENSAYO DE ABSORCIÓN POR CAPILARIDAD, PROBETA A+T(IZQUIERDA), PROBETA M1+22% (DERECHA). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	48
ILUSTRACIÓN 59: ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL VAPOR (IZQUIERDA). ESQUEMA EN SECCIÓN DEL PROCESO DE ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (DERECHA). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	49
ILUSTRACIÓN 60: ENSAYO DE HUMECTACIÓN Y SECADO 1, PROBETAS T+A, SECUENCIA FOTOGRÁFICA DEL SECADO DESPUÉS DE 6 SUMERGIDAS AL AGUA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	57
ILUSTRACIÓN 61: ENSAYO DE HUMECTACIÓN Y SECADO 2, PROBETAS T+A, SECUENCIA FOTOGRÁFICA DEL SECADO DESPUÉS DE 6 SUMERGIDAS AL AGUA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	58
ILUSTRACIÓN 62: PROBETA M3+22% ANTES DEL ENSAYO (IZQUIERDA). PROBETA M3+22% DESPUÉS DEL ENSAYO (DERECHA). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	59
ILUSTRACIÓN 63: PROBETA A+T ANTES DEL ENSAYO (IZQUIERDA). PROBETA A+T DESPUÉS DEL ENSAYO (DERECHA). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	59
ILUSTRACIÓN 64: COMPARATIVO DE RESULTADOS ENTRE PROBETA CON AGUA (IZQUIERDA) Y PROBETA CON GOV (DERECHA).	60
ILUSTRACIÓN 65: ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA	61
ILUSTRACIÓN 66: PROBETAS A+T, MUESTRA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	86
ILUSTRACIÓN 67: PROBETA M1+22% MUESTRA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	88
ILUSTRACIÓN 68: PROBETA M1+30% MUESTRA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	90
ILUSTRACIÓN 69: PROBETA M2+26%	92
ILUSTRACIÓN 70: PROBETA M33+22% MUESTRA 5. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	94
ILUSTRACIÓN 71: PROBETA M33+26% MUESTRA 6. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	96
ILUSTRACIÓN 72: MUESTRA 7. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	98

13.4 TABLAS

TABLA 1: ADITIVOS UTILIZADOS EN EL TIEMPO PARA MEJORAR LA PROPIEDAD DEL MORTERO. FUENTE: (ROMERO CLAUSELL, 2014).....	22
TABLA 2: UTILIZACIÓN DE ADITIVOS EN EL TERRITORIO EUROPEO A TRAVÉS DEL TIEMPO. FUENTE: (ROMERO CLAUSELL, 2014).	23
TABLA 3: TIPOLOGÍA DE MUESTRAS SEGÚN SU COMPOSICIÓN Y LA ANTIGÜEDAD DE PREPARACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	27
TABLA 4: TIPO DE MEZCLAS UTILIZADAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	29
TABLA 5: MUESTRAS REALIZADOS CON LA PROPORCIÓN DE CADA UNA DE LAS MEZCLAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	29
TABLA 6: ENSAYOS REALIZADOS (LA MUESTRA 1 ES EL BLANCO DE REFERENCIA). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	29
TABLA 7: GRANULOMETRÍA DE LA TIERRA UTILIZADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	32
TABLA 8: RESULTADOS DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	34
TABLA 9: RESUME DE LOS RESULTADOS DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	35
TABLA 10: TIPOLOGÍA DEL GOV SEGÚN SU COMPOSICIÓN Y LA ANTIGÜEDAD DE PREPARACIÓN.	36
TABLA 11: ENSAYO DE LA DENSIDAD DE LAS MUESTRAS	38
TABLA 12: TIPOLOGÍA DE MUESTRAS SEGÚN SU COMPOSICIÓN Y LA ANTIGÜEDAD DE PREPARACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	39
TABLA 13: ENSAYOS REALIZADOS PARA ESTE ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	41
TABLA 14: ENSAYOS REALIZADOS CON LA PROPORCIÓN DE CADA UNA DE LAS MEZCLAS. : ELABORACIÓN PROPIA.	41
TABLA 15: VARIABLES DEL GOV. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	43
TABLA 16: TIPO DE MEZCLAS UTILIZADAS PARA LOS ENSAYOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	43
TABLA 17: MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE HUMECTACIÓN Y SECADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	46
TABLA 18: MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA DE SWINBRNE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	47
TABLA 19: MU ESTRAS PARA EL ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	48
TABLA 20: MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	49
TABLA 21: RESULTADOS DEL MOE, PARA MUESTRAS SECADAS A LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	50
TABLA 22: RESULTADOS DEL MOE, PARA MUESTRAS SECADAS AL AMBIENTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	51
TABLA 23: RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN.....	52
TABLA 24: RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS A FLEXIÓN.	52
TABLA 25: TIPOS DE MUESTRA UTILIZADAS PARA CADA ENSAYO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	54
TABLA 26: RESISTENCIA A LA EROSIÓN, CRITERIOS DE ACEPTACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	59
TABLA 27: RESUMEN DE COEFICIENTES DE SUCCIÓN CAPILAR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	60
TABLA 28: RESULTADOS DEL FACTOR DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA.....	61
TABLA 29: COMPOSICIÓN DE LAS MUESTRAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	63
TABLA 30: DENSIDAD DE LAS MUESTRAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	65
TABLA 30: ENSAYO DE ATTERBERG 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	77
TABLA 31: ENSAYO DE ATTERBERG 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	77
TABLA 32: ENSAYO DE ATTERBERG 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	78
TABLA 33: ENSAYO DE ATTERBERG 4. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	78
TABLA 34: ENSAYO DE LA DENSIDAD DE LAS MUESTRAS	79
TABLA 35: RESULTADOS MOE SECADO A LA ESTUFA MUESTRA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	82
TABLA 36: RESULTADOS MOE SECADO A LA ESTUFA MUESTRA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	82
TABLA 37: RESULTADOS MOE SECADO A LA ESTUFA MUESTRA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	82
TABLA 38: RESULTADOS MOE SECADO A LA ESTUFA MUESTRA 4. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	83
TABLA 39: RESULTADOS MOE SECADO A LA ESTUFA MUESTRA 5. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	83

TABLA 40: RESULTADOS MOE SECADO A LA ESTUFA MUESTRA 6. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	83
TABLA 41: RESULTADOS MOE SECADO A LA ESTUFA MUESTRA 7. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	84
TABLA 42: RESULTADOS MOE SECADO A AMBIENTE MUESTRA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	84
TABLA 43: RESULTADOS MOE SECADO A AMBIENTE MUESTRA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	84
TABLA 44: RESULTADOS MOE SECADO A AMBIENTE MUESTRA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	84
TABLA 45: RESULTADOS MOE SECADO A AMBIENTE MUESTRA 4. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	85
TABLA 46: RESULTADOS MOE SECADO A AMBIENTE MUESTRA 5. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	85
TABLA 47: RESULTADOS MOE SECADO A AMBIENTE MUESTRA 6. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	85
TABLA 48: RESULTADOS MOE SECADO A AMBIENTE MUESTRA 7. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	85
TABLA 49: DATOS DE LA MUESTRA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	86
TABLA 50: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, MUESTRA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	87
TABLA 51: RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	87
TABLA 52: DATOS DE LA MUESTRA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	88
TABLA 53: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, MUESTRA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	89
TABLA 54: RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	89
TABLA 55: DATOS DE LA MUESTRA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	90
TABLA 56: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, MUESTRA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	91
TABLA 57: RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	91
TABLA 58: DATOS DE LA MUESTRA 4. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	92
TABLA 59: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, MUESTRA 4. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	93
TABLA 60: RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 4. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	93
TABLA 61: DATOS DE LA MUESTRA 5. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	94
TABLA 62: RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 5. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	95
TABLA 63: DATOS DEL ENSAYO 6	96
TABLA 64: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, MUESTRA 6. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	97
TABLA 65: RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 6. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	97
TABLA 66: DATOS DEL ENSAYO 7	98
TABLA 67: RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, MUESTRA 7. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	99
TABLA 68: RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 7. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	99

13.5 GRAFICOS

GRÁFICO 1: CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA TIERRA UTILIZADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	33
GRÁFICO 2: CURVA GRANULOMÉTRICA DE TIERRA UTILIZADA SUPERPUESTA EN EL DIAGRAMA DE TEXTURAS RECOMENDADO POR LA UNE 41410:2008. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	33
GRÁFICO 3: GRAFICA DE SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DEL SUELO, SIRVE PARA CLASIFICAR LOS FINOS EN FUNCIÓN DE SU PLASTICIDAD. . FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	35
GRÁFICO 4: ZONA RECOMENDADA DEL DIAGRAMA DE PLASTICIDAD DE LAS TIERRAS, SEGÚN LA NORMA UNE 41410: 2008. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	35
GRÁFICO 5: RESULTADOS DE INFRARROJO PARA LAS MUESTRAS GOV SECADAS EN LA ESTUFA. FUETE: ELABORACIÓN PROPIA.....	40
GRÁFICO 6: RESULTADOS DE INFRARROJO PARA LAS MUESTRAS GOV SECADAS EN EL AMBIENTE. FUETE: ELABORACIÓN PROPIA....	40
GRÁFICO 7: COMPARATIVO DEL MOE PARA LAS MUESTRAS SECADAS A LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	50
GRÁFICO 8: RESULTADOS DEL MOE PARA MUESTRAS SECADAS A LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	50
GRÁFICO 9: COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS MOE, PARA PROBETAS SECADAS AL AMBIENTE: ELABORACIÓN PROPIA	51
GRÁFICO 10: RESULTADOS DEL MOE, PARA MUESTRAS SECADAS A AMBIENTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	51

GRÁFICO 11: COMPARATIVO DE RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN.....	53
GRÁFICO 12: COMPARATIVO DE RESISTENCIA MEDIA A FLEXIÓN.	53
GRÁFICO 13: COMPARATIVO DE RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN FLEXIÓN, SECADO A LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	54
GRÁFICO 14 COMPARATIVO DE RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN FLEXIÓN, SECADO A LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	54
GRÁFICO 15: ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	60
GRÁFICO 16: COMPARATIVO DEL FACTOR DE RESISTENCIA AL VAPOR DE AGUA ENTRE LA MEDIA DE LA PROBETA A+T Y LA PROBETA M1+22%	61
GRÁFICO 17: COMPARATIVO DE RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	62
GRÁFICO 18: COMPARATIVO MO E MÓDULO DE ELASTICIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	63
GRÁFICO 19: COMPARATIVO DE RESISTENCIA MEDIA A COMPRESIÓN VS HUMEDAD DE LA MUESTRA	64
GRÁFICO 20: COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MEDIA A FLEXIÓN HUMEDAD DE LA MUESTRA	64
GRÁFICO 21: COMPARATIVO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN MEDIA VS DENSIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	65
GRÁFICO 22: ENSAYO DE ATTERBERG 1: TIERRA CON AGUA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	77
GRÁFICO 23:: ENSAYO DE ATTERBERG 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	77
GRÁFICO 24: ENSAYO DE ATTERBERG 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	78
GRÁFICO 25: ENSAYO DE ATTERBERG 4. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	78
GRÁFICO 26: INFRARROJO DEL GOV HM1_1. SECADOS A LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	79
GRÁFICO 27: INFRARROJO DEL GOV HM2_1. SECADOS A LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	79
GRÁFICO 28: INFRARROJO DEL GOV HM3_1. SECADOS A LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	80
GRÁFICO 29: INFRARROJO DEL GOV AM_1. SECADOS A LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	80
GRÁFICO 30: INFRARROJO DEL GOV AM_1. SECADOS A LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	81
GRÁFICO 31: INFRARROJO DEL GOV AM_1. SECADOS A LA ESTUFA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	81
GRÁFICO 32: RESISTENCIA A COMPRESIÓN- MUESTRA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	87
GRÁFICO 33: RESISTENCIA A FLEXIÓN MUESTRA 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	87
GRÁFICO 34: RESISTENCIA A COMPRESIÓN, MUESTRA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	89
GRÁFICO 35: RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	89
GRÁFICO 36: RESISTENCIA A COMPRESIÓN, MUESTRA 3. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	91
GRÁFICO 37 RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 3 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	91
GRÁFICO 38: RESISTENCIA A COMPRESIÓN, MUESTRA 4. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	93
GRÁFICO 39: RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 4. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	93
GRÁFICO 40: RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 5. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	95
GRÁFICO 41: RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 5. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	95
GRÁFICO 42: RESISTENCIA A COMPRESIÓN, MUESTRA 6. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	97
GRÁFICO 43: RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 6. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	97
GRÁFICO 44: RESISTENCIA A COMPRESIÓN, MUESTRA 7. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	99
GRÁFICO 45: RESISTENCIA A FLEXIÓN, MUESTRA 7. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	99

14 ANEXO

14.1 Anexo 1: Resultados Modulo de plasticidad

Ensayo de Atterberg 1: tierra con agua

ENSAYO DE ATTERBERG 1: TIERRA MAS AGUA	Límite líquido			Límite plástico	
Nº Recipiente	LLA3	LLA1	LLA2	PA1	PA2
Peso de recipiente (gr)	75.56	119.40	113.62	83.49	75.83
Peso de recipiente + M húmeda (gr)	125.02	157.06	153.06	96.77	84.02
Peso de Recipiente + M seca (gr)	114.58	149.80	145.57	94.72	82.86
Peso de Muestra (gr)	39.02	30.40	31.95	11.23	7.03
Peso del agua (gr)	10.44	7.26	7.49	2.05	1.16
% de humedad	26.76%	23.88%	23.44%	18.25%	16.50%
Nº de golpes	18.00	28.00	31.00		
Promedio de humedad				17.38%	

Tabla 31: Ensayo de Atterberg 1. Fuente: Elaboración propia.

Límite líquido	24.70%
Límite plástico	17.38%
Índice de plasticidad	7.32%

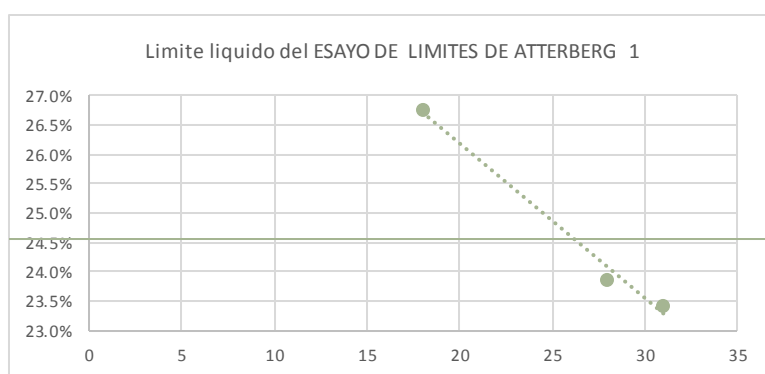


Gráfico 22: Ensayo de Atterberg 1: tierra con agua. Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de Atterberg 2: tierra más M1_GOV

ENSAYO DE ATTERBERG 2: TIERRA MAS M1	Límite líquido			Límite plástico	
Nº Recipiente	LA1M1	LA2M1	LA3M1	P1M1	P2M1
Peso de recipiente (gr)	114.97	81.10	82.66	84.22	119.89
Peso de recipiente + M húmeda (gr)	145.98	106.11	119.73	96.37	129.16
Peso de Recipiente + M seca (gr)	139.38	101.06	112.29	94.57	127.77
Peso de Muestra (gr)	24.41	19.96	29.63	10.35	7.88
Peso del agua (gr)	6.60	5.05	7.44	1.80	1.39
% de humedad	27.04%	25.30%	25.11%	17.39%	17.64%
Nº de golpes	18.00	28.00	32.00		
Promedio de humedad				17.52%	

Tabla 32: Ensayo de Atterberg 2. Fuente: Elaboración propia

Límite líquido	25.90%
Límite plástico	17.52%
Índice de plasticidad	8.38%

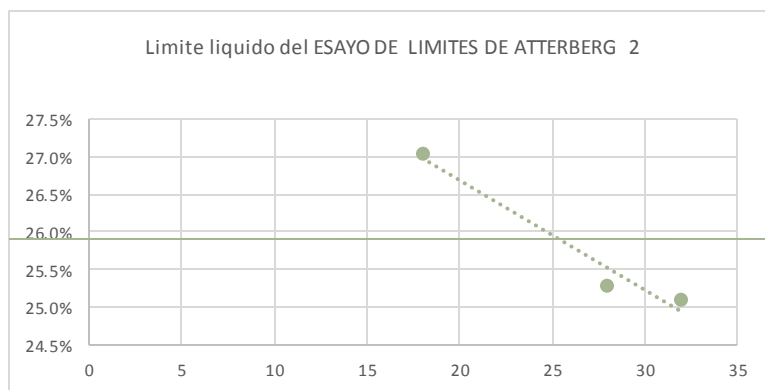


Gráfico 23: Ensayo de Atterberg 2. Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Atterberg 3: tierra más M2_GOV

ENSAYO DE ATTERBERG 3: TIERRA MAS M2	Límite líquido			Límite plástico	
	LA3M2	LA2M2	LA1M2	P1M2	P2M2
Nº Recipiente					
Peso de recipiente (gr)	82.07	78.20	100.46	92.71	77.72
Peso de recipiente + M húmeda (gr)	111.56	110.94	129.56	106.90	90.13
Peso de Recipiente + M seca (gr)	104.90	103.76	123.27	104.43	88.01
Peso de Muestra (gr)	22.83	25.56	22.81	11.72	10.29
Peso del agua (gr)	6.66	7.18	6.29	2.47	2.12
% de humedad	29.17%	28.09%	27.58%	21.08%	20.60%
Nº de golpes	25.00	26.00	31.00		
Promedio de humedad				20.84%	

Tabla 33: Ensayo de Atterberg 3. Fuente: Elaboración propia

Límite líquido	28.80%
Límite plástico	20.84%
Índice de plasticidad	7.96%

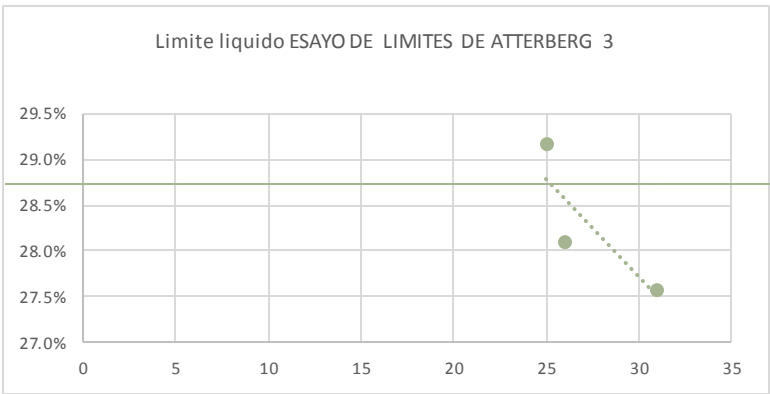


Gráfico 24: Ensayo de Atterberg 3. Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Atterberg 4: tierra más M3_GOV

ENSAYO DE ATTERBERG 4: TIERRA MAS M3	Límite líquido			Límite plástico	
	LA3M3	LA2M3	LA1M3	P1M3	P2M3
Nº Recipiente					
Peso de recipiente (gr)	111.79	77.23	100.29	82.59	72.90
Peso de recipiente + M húmeda (gr)	141.45	95.11	127.59	90.64	80.55
Peso de Recipiente + M seca (gr)	134.48	91.11	121.60	89.42	79.30
Peso de Muestra (gr)	22.69	13.88	21.31	6.83	6.40
Peso del agua (gr)	6.97	4.00	5.99	1.22	1.25
% de humedad	30.72%	28.82%	28.11%	17.86%	19.53%
Nº de golpes	18.00	26.00	31.00		
Promedio de humedad				18.70%	

Tabla 34: Ensayo de Atterberg 4. Fuente: Elaboración propia

Límite líquido	29.25%
Límite plástico	18.70%
Índice de plasticidad	10.55%

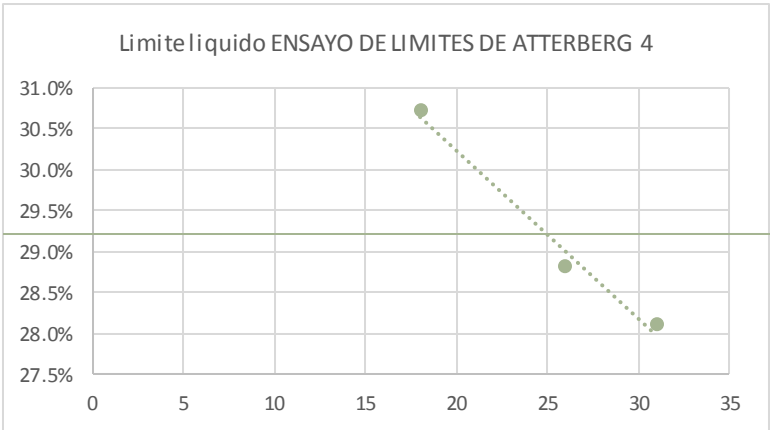


Gráfico 25: Ensayo de Atterberg 4. Fuente: Elaboración propia

14.2 Anexo 2: Gráficos de las pruebas de espectroscopia infrarroja del GOV.

MUESTRA	TIEMPO DE ANTIGÜEDAD	FECHA DE ENSAYO	DENSIDAD g/ml
AGUA (REFERENCIA)			1g/ml
M1_GOV	15 a 28 días	13/12/2017	1,020g/ml
M2_GOV	10 días	13/12/2017	1.040g/ml
M3_GOV	1 día	13/12/2017	1,060g/ml

Tabla 35: Ensayo de la densidad de las Muestras

GRÁFICOS DE INFRARROJO DE MUESTRAS DE GOV SECADAS A LA ESTUFA

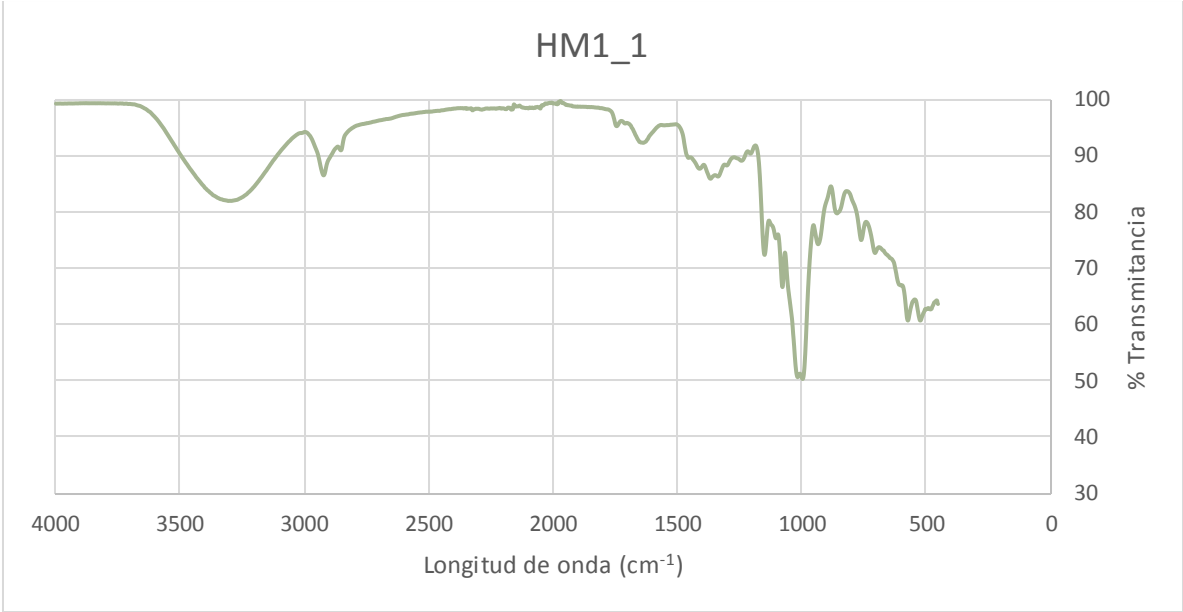


Gráfico 26: Infrarrojo del GOV HM1_1. Secados a la estufa. Fuente: Elaboración propia.

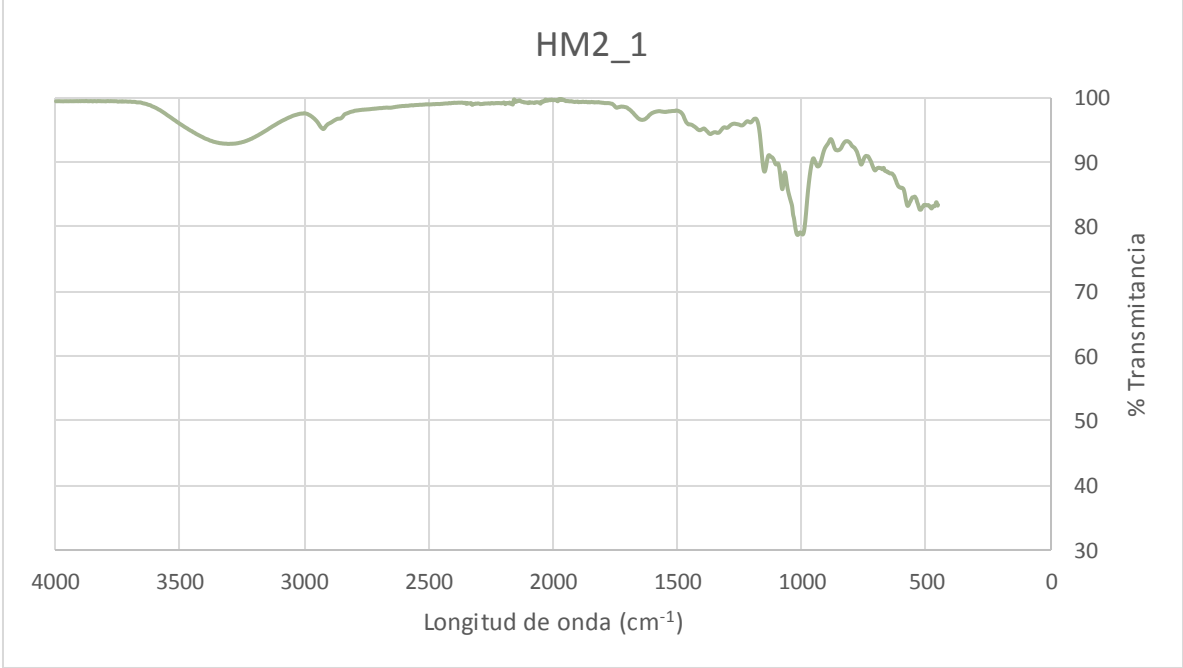


Gráfico 27: Infrarrojo del GOV HM2_1. Secados a la estufa. Fuente: Elaboración propia.

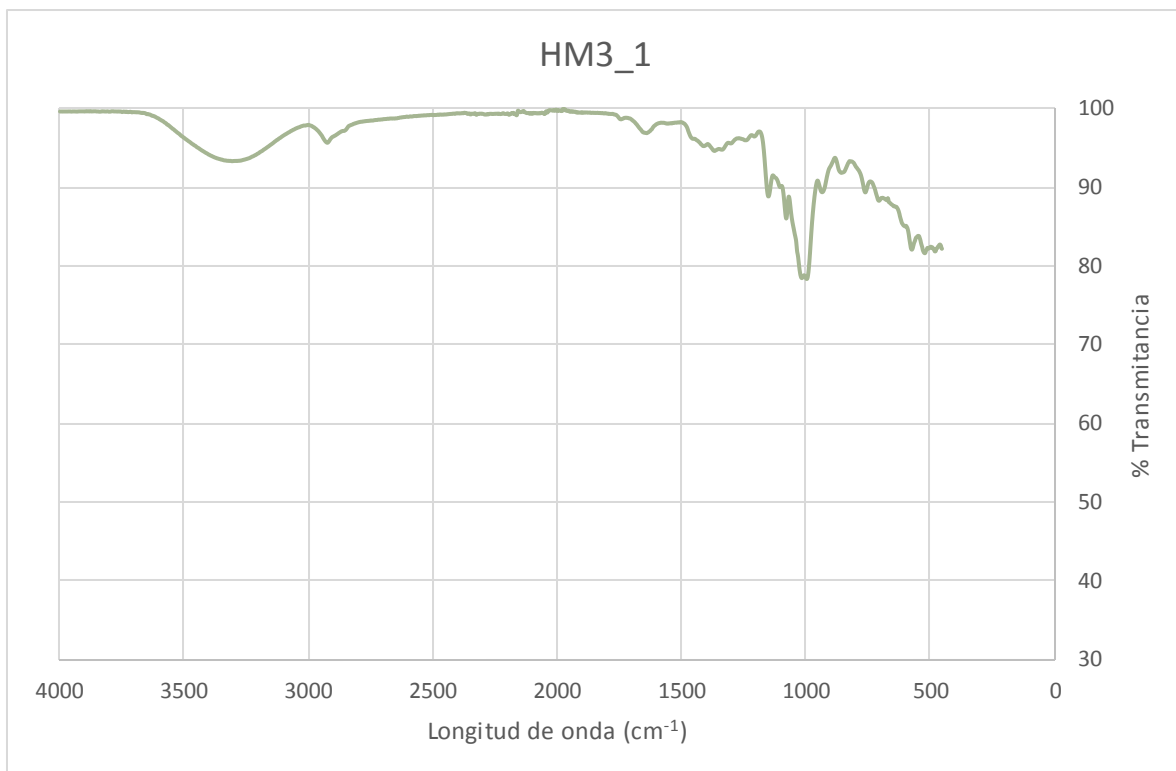


Gráfico 28: Infrarrojo del GOV HM3_1. Secados a la estufa. Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS DE INFRARROJO DE MUESTRAS DE GOV SECADAS AL AMBIENTE

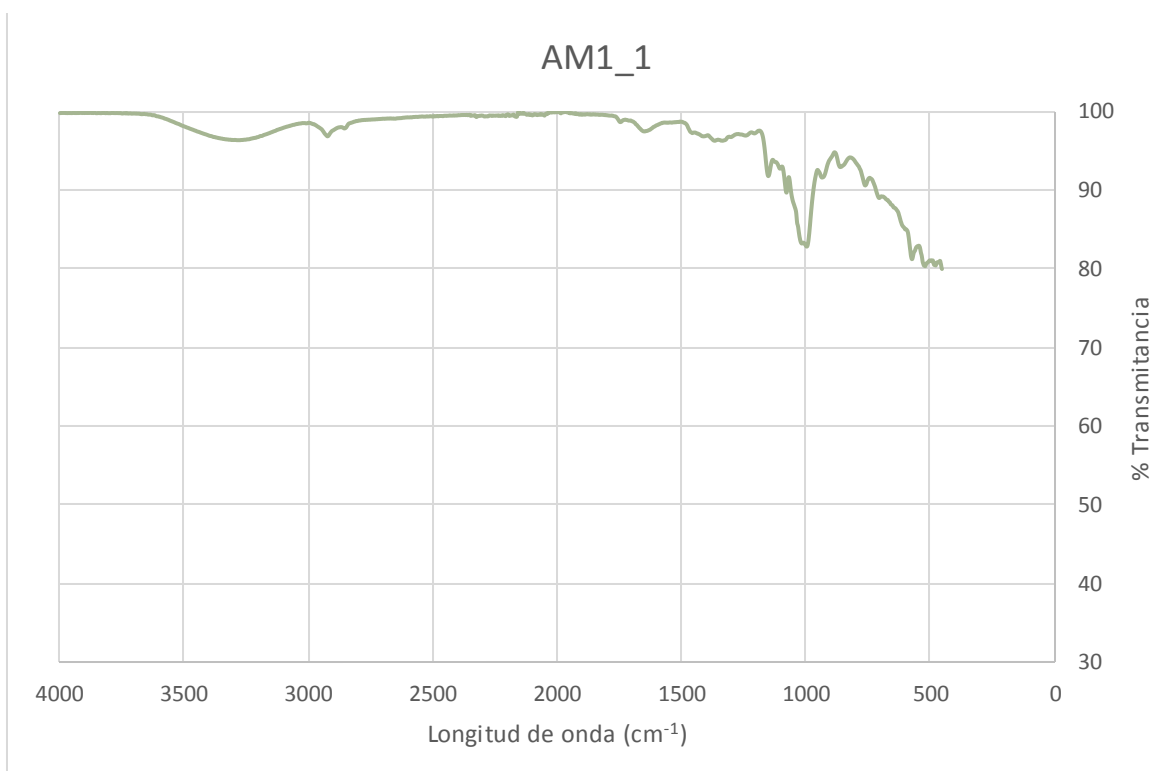


Gráfico 29: Infrarrojo del GOV AM_1. Secados a la estufa. Fuente: Elaboración propia.

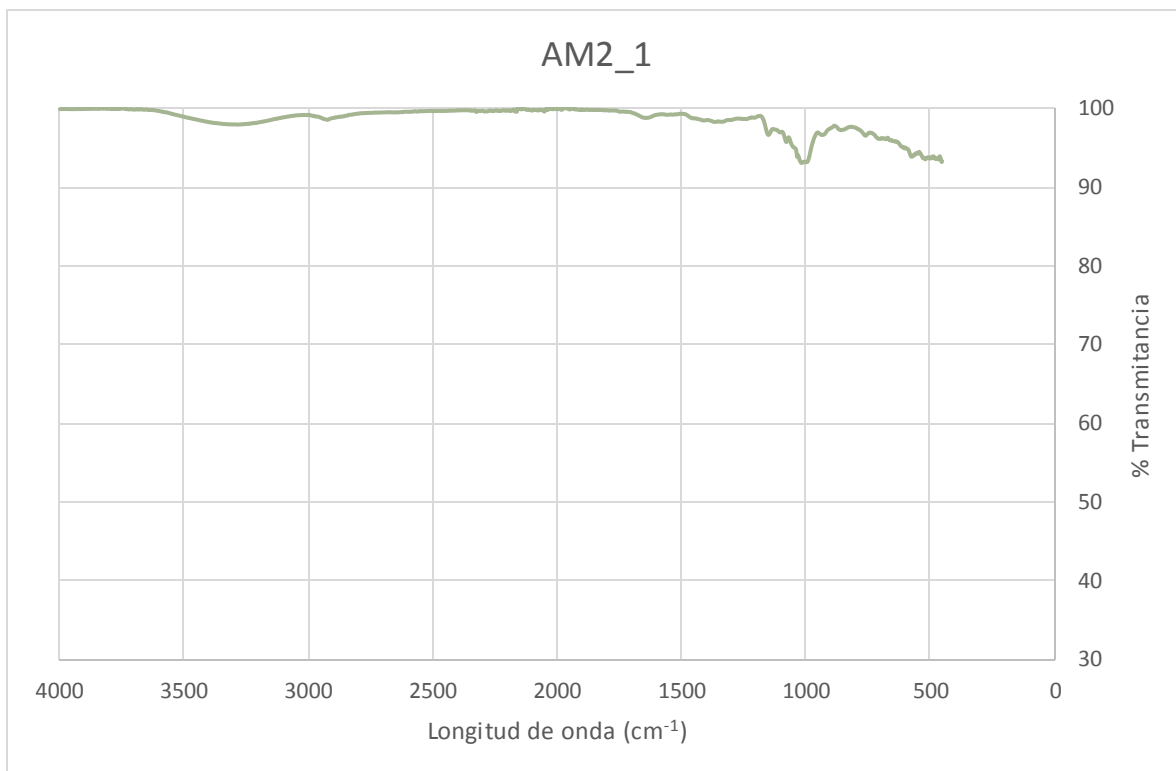


Gráfico 30: Infrarrojo del GOV AM_1. Secados a la estufa. Fuente:Elaboración propia.

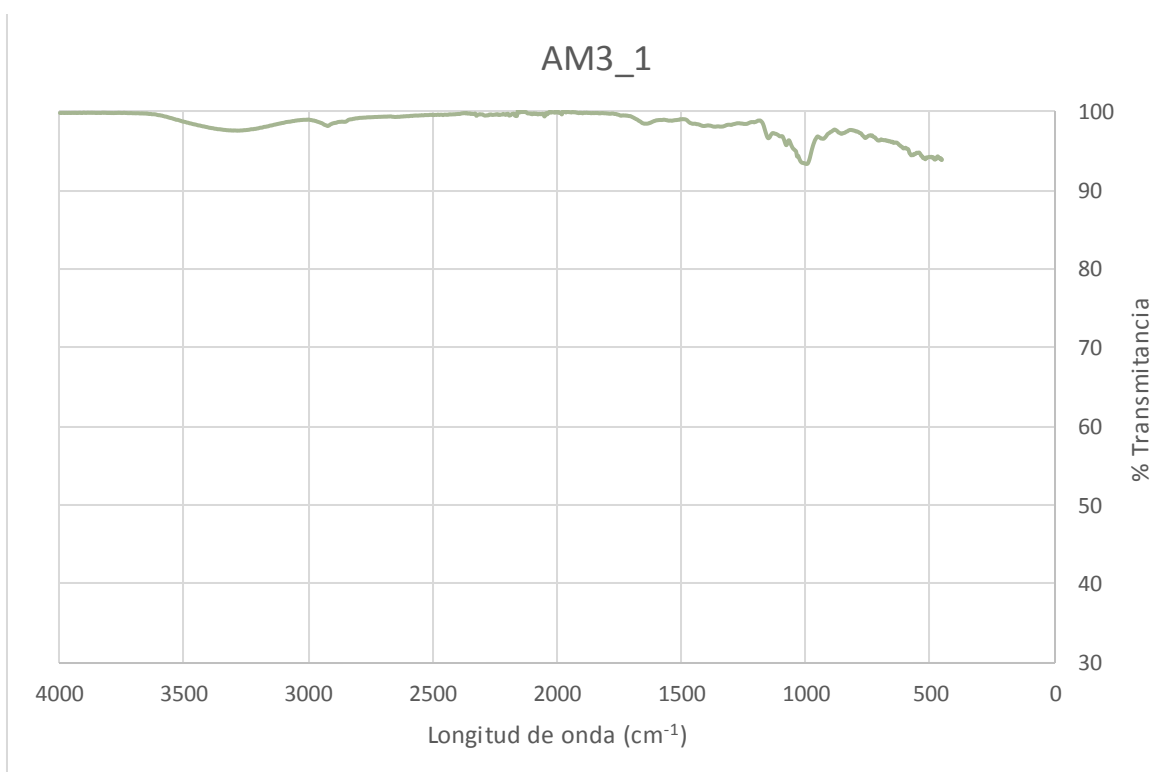


Gráfico 31: Infrarrojo del GOV AM_1. Secados a la estufa. Fuente:Elaboración propia.

14.3 Anexo 3: Fichas de resultado del MOE módulo de elasticidad dinámico

$MOE_{us} = \rho (1+\mu)(1-2\mu) v_{us}^2 / (1-\mu)$	(1) ref.	Leslie, J. R. and Chessman, W.J. (1949). "An ultrasonic method of studying deterioration and cracking in concrete structures" J. Am. Concr. Inst., 21 (1), 17-35
	(2) ref.	UNE-EN-ISO 12680-1
	(3) ref.	Vipulanandan C., Garas V.(2008); "Electrical resistivity, Pulse Velocity, and compressive properties of carbon fiber-reinforced cement mortar"; Journal of materials in civil engineering.

RESULTADOS DE LAS MUESTRAS SECADAS A LA ESTUFA

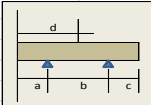
MUESTRA A+T															
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS		Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	frec. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal	
				g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.		
	a	34.0	392.98	38.14	38.18	151.88	2320			2302	704.03	4682	#iDIV/O!	833	
	b	83.9		38.18	37.47	152.39	2318			2305		considera Poisson		considera Poisson (3) ref.	
	c	34.0		38.02	38.14	152.03	2319			2317					
	d	76.0		38.12	37.77	151.54	2319			2321					
								2321			2330				888
								2319			2324				no consid Poisson (1) ref.
	Std. Desv.							1.03279556	#iDIV/O!		10.9681357				
	Poisson hipot.(μ)			392.98	38.12	37.89	151.96	2319	#iDIV/O!		2317				
	0.16			0.01	0.01	0.01	0.01	1		1	1				

Tabla 36: Resultados MOE secado a la estufa Muestra 1. Fuente: Elaboración propia.

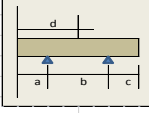
MUESTRA: M1+22%														
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS		Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	frec. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal
				g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.	
	a	34.5	429.07	39.43	38.92	153.2	3496			3449	1059.82	10863	#iDIV/O!	1932
	b	84.9			39.21	38.71	153.15	3498			3443			
	c	34.5			39.23	38.79	154.39	3497			3446			considera Poisson
	d	76.9			39.3	38.6	154.48	3497			3445			(3) ref.
								3497			3445			2058
								3497			3444			no consid. Poisson
	Std. Desv.							0.63245553	#iDIV/O!		2.06559112			
	mitjanes		429.07	39.29	38.76	153.81	3497	#iDIV/O!		3445				(1) ref.
	0.16													
		sensibilitat		0.01	0.01	0.01	0.01	1		1	1			
	err. Mes. rel.		2.33E-05	2.55E-04	2.58E-04	6.50E-05	2.86E-04	#iDIV/O!		2.90E-04	1.04E-03			
	err. accid.						0.72718861	#iDIV/O!		2.37498807				
	err. Accid. relatiu						2.08E-04	#iDIV/O!		6.89E-04				
	ERROR											54.42	#iDIV/O!	2.43

Tabla 37: Resultados MOE secado a la estufa Muestra 2. Fuente: Elaboración propia.

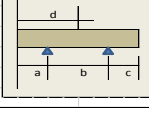
MUESTRA: M1+30%															
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS		Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexió. Cara1	Flexió. Cara2	frec. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal	
				g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.		
		a	33.3	371.62	37.55	37.2	147.6	3404		6977	2075.68	9007	#i DIV/O!	6969	
		b	82.1		37.6	38.41	150.1	3403		6977		considera		considera	
		c	33.3		38.29	38.34	148.1	3402		6975		Poisson		Poisson	
		d	74.4		39.01	38.27	149.22	3403		6980				(3) ref.	
								3403		6978				7421	
								3401		6974				no consid.	
		Std. Desv.						1.03279556	#i DIV/O!	2.13697606					Poisson
		mitjanes		371.62	38.11	38.06	148.76	3403	#i DIV/O!	6977					(1) ref.
Poisson hipot. (μ)	0.16	sensibilitat		0.01	0.01	0.01	0.01	1	1	1					
		err. Mes. rel.	2.69E-05	2.62E-04	2.63E-04	6.72E-05	2.94E-04	#i DIV/O!	1.43E-04	5.63E-04					
		err. accid.					1.18749403	#i DIV/O!	2.45706548						
		err. Accid. relatiu					3.49E-04	#i DIV/O!	3.52E-04						
		ERROR										49.00	#i DIV/O!	6.72	

Tabla 38: Resultados MOE secado a la estufa Muestra 3. Fuente: Elaboración propia.

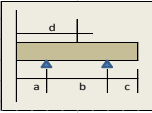
MUESTRA: M2+26%													
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS	Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	frec. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal
			g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.	
	a	33.9	353.92	36.51	37.75	151.23	3269		3060	968.06	8669	#iDIV/O!	1452
	b	83.5		36.58	37.75	151.35	3269		3281		considera		considera
	c	33.9		38.4	38.29	151.7	3284		3276		Poisson		Poisson
	d	75.7		38.45	37.49	151.07	3268		3276				(3) ref.
							3270		3271				1546
							3268		3026				no consid.
	Std. Desv.						6.25033332	#iDIV/O!	120.841494				Poisson
	mitjanes		353.92	37.49	37.82	151.34	3271	#iDIV/O!	3198				(1) ref.
	sensibilitat		0.01	0.01	0.01	0.01	1	1	1				
	err. Mes. rel.		2.83E-05	2.67E-04	2.64E-04	6.61E-05	3.06E-04	#iDIV/O!	3.13E-04	4.38E-02			
err. accid.						7.18654671	#iDIV/O!	138.941877					
err. Accid. relatiu						2.20E-03	#iDIV/O!	4.34E-02					
ERROR											79.23	#iDIV/O!	1.93

Tabla 39: Resultados MOE secado a la estufa Muestra 4. Fuente: Elaboración propia.

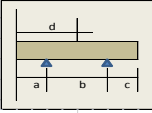
MUESTRA: M3+22%													
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS	Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	frec. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal
			g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.	
	a	34.9	428.93	38.41	38.7	154.94	2701		5988	1836.42	7036	#iDIV/O!	5840
	b	86.0		38.53	38.28	156.57	2702		5851		considera		considera
	c	34.9		38.55	39.04	155.41	2703		5848		Poisson		Poisson
	d	77.9		38.52	39.03	156.44	2702		5900				(3) ref.
							2701		5902				6219
							2702		5863				no consid.
	Std. Dev.						0.75277265	#iDIV/O!	52.6079842				Poisson
	mitjanes		428.93	38.50	38.76	155.84	2702	#iDIV/O!	5892				(1) ref.
	0.16												

Tabla 40: Resultados MOE secado a la estufa Muestra 5. Fuente: Elaboración propia.

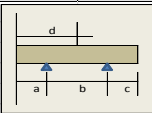
MUESTRA: M3+36%													
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS	Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexió. Cara1	Flexió. Cara2	frec. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal
			g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.	
	a	34.3	352.54	35.92	37.72	152.94	2933		2999	867.55	7962	#iDIV/O!	1197
	b	84.6		36.38	38.14	153.41	2934		2794		considera		considera
	c	34.3		35.47	37.57	153.25	2933		2796		Poisson		Poisson
	d	76.6		36	37.74	153.51	2933		2798				(3) ref.
							2934		2797				1274
							2933		2796				no consid.
	Std. Dev.						0.51639778	#iDIV/O!	82.8033816				Poisson
	mitjanes		352.54	35.94	37.79	153.28	2933	#iDIV/O!	2830				(1) ref.
	sensibilitat		0.01	0.01	0.01	0.01	1	1	1				
		err. Mes. rel.		2.84E-05	2.78E-04	2.65E-04	6.52E-05	3.41E-04	#iDIV/O!	3.53E-04	3.41E-02		
	err. accid.						0.59374702	#iDIV/O!	95.2061816				
	err. Accid. relatiu						2.02E-04	#iDIV/O!	3.36E-02				
	ERROR										41.80	#iDIV/O!	1.71

Tabla 41: Resultados MOE secado a la estufa Muestra 6. Fuente: Elaboración propia.

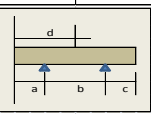
MUESTRA: M3+30%														
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS	Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	frec. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal	
			g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.		
	a	34.0	378.88	38.13	38.08	152.31	3311		3127	946.50	9145	#I DIV/OI	1453	
	b	83.8		37.74	37.41	152.14	3311		3112		considera		considera	
	c	34.0		38.73	37.86	151.39	3309		3109		Poisson		Poisson	
	d	75.9		38.14	38.04	151.44	3310		3115				(3) ref.	
							3311		3113					1547
							3310		3127				no consid.	
							0.81649658	#I DIV/OI	7.85917723				Poisson	
							3310	#I DIV/OI	3117				(1) ref.	
	Poisson hipot.(μ)	mitjanes	378.88	38.19	37.85	151.82	3310		1	1				
	0.16	sensibilitat	0.01	0.01	0.01	0.01	1		1	1				
		err. Mes. rel.	2.64E-05	2.62E-04	2.64E-04	6.59E-05	3.02E-04	#I DIV/OI	3.21E-04	3.29E-03				
		err. accid.					0.93879646	#I DIV/OI	9.03637316					
		err. Accid. relatiu					2.84E-04	#I DIV/OI	2.90E-03					
		ERROR									48.20	#I DIV/OI	1.95	

Tabla 42: Resultados MOE secado a la estufa Muestra 7. Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS DE LAS MUESTRAS SECADAS AL AMBIENTE

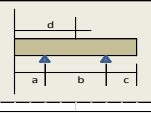
MUESTRA 1: A+T														
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS	Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	frec. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal	
			g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.		
	a	33.6	397	37.53	37.94	149.18	2570		5010	1504.35	5609	#I DIV/OI	3890	
	b	82.8		37.84	38.02	149.8	2571		5012		considera		considera	
	c	33.6		38.34	37.82	150.37	2572		5015		Poisson		Poisson	
	d	75.0		39.07	37.61	150.85	2568		5020				(3) ref.	
							2575		5010					4142
							2565		5010				no consid.	
							3.43025752	#I DIV/OI	4.02077936				Poisson	
							2570	#I DIV/OI	5013				(1) ref.	
	Poisson hipot.(μ)	mitjanes	397	38.20	37.85	150.05	2570		1	1				
	0.16	sensibilitat	0.01	0.01	0.01	0.01	1		1	1				
		err. Mes. rel.	2.52E-05	2.62E-04	2.64E-04	6.66E-05	3.89E-04	#I DIV/OI	1.99E-04	1.19E-03				
		err. accid.					3.9440626	#I DIV/OI	4.62303644					
		err. Accid. relatiu					1.53E-03	#I DIV/OI	9.22E-04					
		ERROR									44.73	#I DIV/OI	4.21	

Tabla 43: Resultados MOE secado a ambiente Muestra 1. Fuente: Elaboración propia.

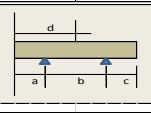
MUESTRA 2: M1+22%														
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS	Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	frec. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal	
			g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.		
	a	34.6	428.1	39.43	38.92	154.39	2892		5012	1545.12	7496	#I DIV/OI	4083	
	b	85.2		39.21	38.71	154.19	2896		5010		considera		considera	
	c	34.6		39.23	38.79	154.39	2892		5002		Poisson		Poisson	
	d	77.2		39.3	38.6	154.48	2897		5001				(3) ref.	
							2897		5003					4348
							2897		5001				no consid.	
							2.88097206	#I DIV/OI	4.87510684				Poisson	
							2896	#I DIV/OI	5005				(1) ref.	
	Poisson hipot.(μ)	mitjanes	428.1	39.29	38.76	154.36	2896		1	1				
	0.16	sensibilitat	0.01	0.01	0.01	0.01	1		1	1				
		err. Mes. rel.	2.34E-05	2.55E-04	2.58E-04	6.48E-05	3.45E-04	#I DIV/OI	2.00E-04	1.38E-03				
		err. accid.					3.31250178	#I DIV/OI	5.60533034					
		err. Accid. relatiu					1.14E-03	#I DIV/OI	1.12E-03					
		ERROR									52.41	#I DIV/OI	4.35	

Tabla 44: Resultados MOE secado a ambiente Muestra 2. Fuente: Elaboración propia.

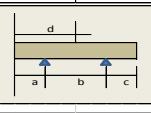
MUESTRA 3: M1+22%														
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS	Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	frec. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal	
			g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.		
	a	33.3	353.92	37.35	38.03	146.45	2892		6466	1934.94	6329	#I DIV/OI	5827	
	b	82.1		37.61	38.6	150.72	2896		6454		considera		considera	
	c	33.3		37.73	38.08	146.68	2892		6440		Poisson		Poisson	
	d	74.3		37.56	38.21	150.92	2897		6560				(3) ref.	
							2802		6556					6206
							2897		6563				no consid.	
							37.956115	#I DIV/OI	58.8617023				Poisson	
							2879	#I DIV/OI	6507				(1) ref.	
	Poisson hipot.(μ)	mitjanes	353.92	37.56	38.23	148.69	2879		1	1				
	0.16	sensibilitat	0.01	0.01	0.01	0.01	1		1	1				
		err. Mes. rel.	2.83E-05	2.66E-04	2.62E-04	6.73E-05	3.47E-04	#I DIV/OI	1.54E-04	1.06E-02				
		err. accid.					43.6414155	#I DIV/OI	67.6783703					
		err. Accid. relatiu					1.52E-02	#I DIV/OI	1.04E-02					
		ERROR									222.68	#I DIV/OI	5.78	

Tabla 45: Resultados MOE secado a ambiente Muestra 3. Fuente: Elaboración propia.

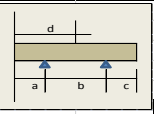
MUESTRA 4: M2+26%														
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS	Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	freq. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal	
			g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.		
		a	33.7	353.92	36.29	37.29	150.1	2542		6109	1840.37	5409	#i DIV/OI	5455
		b	83.1		36.87	36.85	150.9	2541		6111		considera	considera	
		c	33.7		37.86	37.26	150.27	2543		6114		Poisson	Poisson	
		d	75.3		37.73	36.08	150.78	2538		6119			(3) ref.	
								2560		6110				5809
								2537		6119			no consid.	
		Std. Desv.					8.4083292	#i DIV/OI	4.45720391				Poisson	
Poisson hipot. (μ)		mitjanes	353.92	37.19	36.87	150.51	2544	#i DIV/OI	6114				(1) ref.	
0.16		sensibilitat	0.01	0.01	0.01	0.01	1	1	1					
		err. Mes. rel.	2.83E-05	2.69E-04	2.71E-04	6.64E-05	3.93E-04	#i DIV/OI	1.64E-04	1.07E-03				
		err. accid.					9.6677805	#i DIV/OI	5.12483134					
		err. Accid. relatiu					3.80E-03	#i DIV/OI	8.38E-04					
		ERROR										67.90	#i DIV/OI	5.59

Tabla 46: Resultados MOE secado a ambiente Muestra 4. Fuente: Elaboración propia.

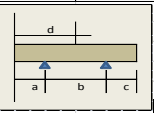
MUESTRA 5: M3+22%														
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS	Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	freq. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal	
			g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.		
		a	34.8	353.92	39.05	38.63	155.1	4103		4152	1293.25	13117	#i DIV/OI	2385
		b	85.8		38.8	38.96	155.71	4171		4156		considera	considera	
		c	34.8		39.17	37.86	154.97	4114		4171		Poisson	Poisson	
		d	77.7		38.68	38.65	155.8	4108		4145			(3) ref.	
								4110		4173				2540
								4102		4170			no consid.	
		Std. Desv.					26.3438797	#i DIV/OI	11.7203527				Poisson	
Poisson hipot. (μ)		mitjanes	353.92	38.93	38.53	155.40	4118	#i DIV/OI	4161				(1) ref.	
0.16		sensibilitat	0.01	0.01	0.01	0.01	1	1	1					
		err. Mes. rel.	2.83E-05	2.57E-04	2.60E-04	6.44E-05	2.43E-04	#i DIV/OI	2.40E-04	3.54E-03				
		err. accid.					30.2898282	#i DIV/OI	13.4758992					
		err. Accid. relatiu					7.36E-03	#i DIV/OI	3.24E-03					
		ERROR										252.00	#i DIV/OI	2.77

Tabla 47: Resultados MOE secado a ambiente Muestra 5. Fuente: Elaboración propia.

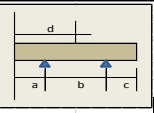
MUESTRA 6: M3+36%														
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS	Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	freq. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal	
			g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.		
		a	33.9	353.92	35.55	37.87	151.2	2324		6027	1862.38	4972	#i DIV/OI	5608
		b	83.5		36.07	38.18	150.82	2346		6169		considera	considera	
		c	33.9		35.66	37.67	151.91	2349		6171		Poisson	Poisson	
		d	75.7		36.07	37.87	151.41	2355		6131			(3) ref.	
								2359		6156				5972
								2340		6265			no consid.	
		Std. Desv.					12.4699639	#i DIV/OI	76.8021267				Poisson	
Poisson hipot. (μ)		mitjanes	353.92	35.84	37.90	151.34	2346	#i DIV/OI	6153				(1) ref.	
0.16		sensibilitat	0.01	0.01	0.01	0.01	1	1	1					
		err. Mes. rel.	2.83E-05	2.79E-04	2.64E-04	6.61E-05	4.26E-04	#i DIV/OI	1.63E-04	1.46E-02				
		err. accid.					14.3377918	#i DIV/OI	88.3060219					
		err. Accid. relatiu					6.11E-03	#i DIV/OI	1.44E-02					
		ERROR										85.90	#i DIV/OI	5.75

Tabla 48: Resultados MOE secado a ambiente Muestra 6. Fuente: Elaboración propia.

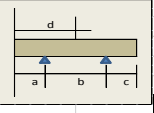
MUESTRA 7: M3+30%														
especificacions	nº proveta	SEPARACIÓ SUPORTS	Peso (g)	altura	anchura base	Longitud	Flexión. Cara1	Flexión. Cara2	freq. longitudinal	velocitat de pas so maretlet long.	MOE MPa flex. cara 1	MOE MPa flex. cara 2	MOE MPa longitudinal	
			g	mm	mm	mm	Hz	Hz	Hz	m/seg	(2) ref.	(2) ref.		
		a	33.8	353.92	37.48	38.06	151.25	2307		6613	1994.65	4266	#i DIV/OI	6145
		b	83.2		37.54	38.39	150.36	2313		6615		considera	considera	
		c	33.8		37.02	38.05	151.91	2316		6614		Poisson	Poisson	
		d	75.4		37.94	37.74	149.58	2303		6616			(3) ref.	
								2312		6621				6544
								2330		6609			no consid.	
		Std. Desv.					9.31128348	#i DIV/OI	3.93276832				Poisson	
Poisson hipot. (μ)		mitjanes	353.92	37.50	38.06	150.78	2314	#i DIV/OI	6615				(1) ref.	
0.16		sensibilitat	0.01	0.01	0.01	0.01	1	1	1					
		err. Mes. rel.	2.83E-05	2.67E-04	2.63E-04	6.63E-05	4.32E-04	#i DIV/OI	1.51E-04	9.01E-04				
		err. accid.					10.7059848	#i DIV/OI	4.52184256					
		err. Accid. relatiu					4.63E-03	#i DIV/OI	6.84E-04					
		ERROR										60.84	#i DIV/OI	6.06

Tabla 49: Resultados MOE secado a ambiente Muestra 7. Fuente: Elaboración propia.

14.4 Anexo 4: Ficha de resultados a compresión y flexión

14.4.1 MUESTRA 1: A+T



Ilustración 66: probetas A+T, muestra 1. Fuente: Elaboración propia

MATERIALES	TIERRA	AGUA
CANTIDAD	100%	22%
FECHA DE FABRICACIÓN	17/11/2017	

Tabla 50: Datos de la muestra 1. Fuente: Elaboración propia

La primera muestra se realizó con probetas elaboradas únicamente con tierra y agua en proporciones especificadas en la tabla 34. Este viene a ser la línea base que servirá como referente para los siguientes ensayos, con el objetivo de saber cuánto mejora el GOV en diferentes proporciones al ser mezclado con la tierra.

En el ensayo de compresión (Gráfico 15) los resultados de resistencia media es mayor para las muestras secados a la estufa y la media de la resistencia a flexión (Gráfico 16) es mayor de forma mínima para los que fueron secados a temperatura ambiente.

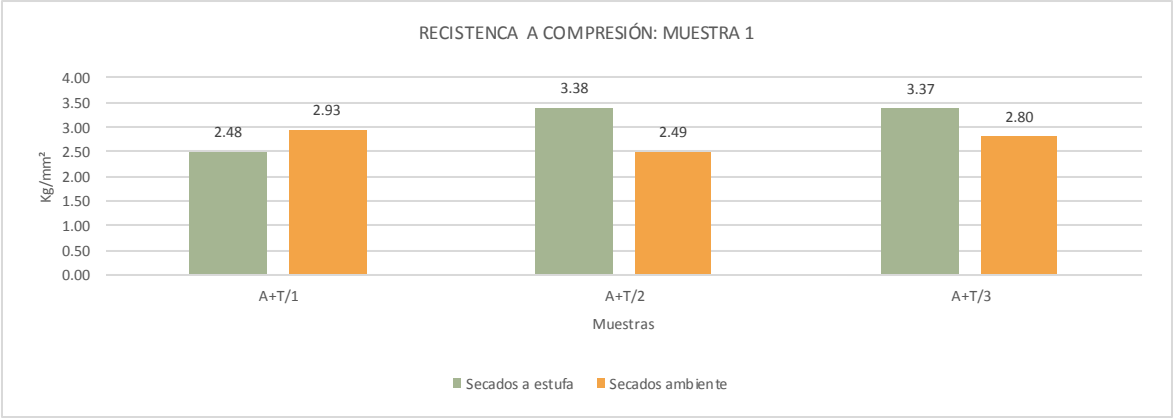


Gráfico 32: Resistencia a compresión- muestra 1. Fuente: Elaboración propia

Simbología	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura (Compresión)		Resistencia promedio
A+T (secado en estufa 80°)		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
A+T/1	29/11/2017	360.50	0.25	2.48	3.08
A+T/2	29/11/2017	498.50	0.35	3.38	
A+T/3	29/11/2017	497.00	0.34	3.37	

Simbología	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura		Resistencia promedio
A+T (secado a temperatura ambiente)		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
A+T/1	18/12/2017	425.00	0.30	2.93	2.74
A+T/2	18/12/2017	367.00	0.25	2.49	
A+T/3	18/12/2017	417.50	0.29	2.80	

Tabla 51: Resultados de resistencia a compresión, muestra 1. Fuente: Elaboración propia

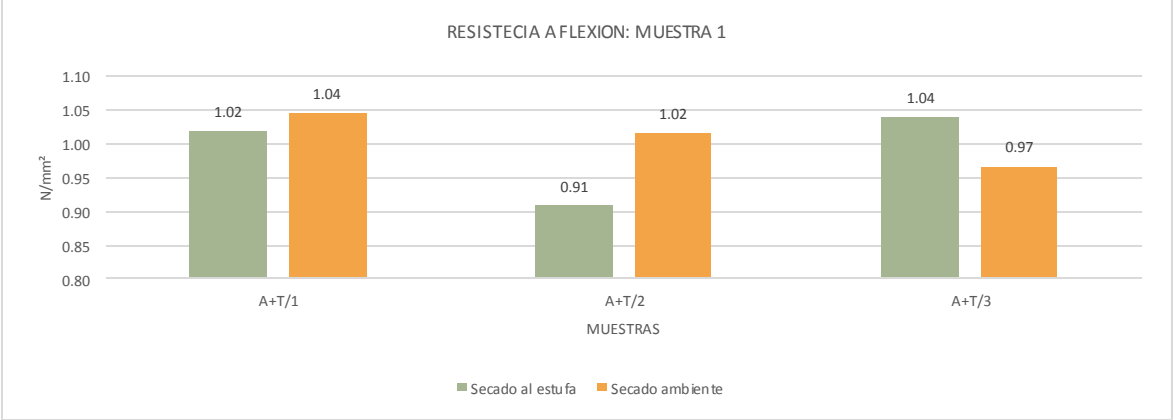


Gráfico 33: Resistencia a flexión muestra 1. Fuente: Elaboración propia

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
A+T (secado en estufa 80°)	kp	N	N/mm²	N/mm²
A+T/1	37.00	362.60	1.02	0.99
A+T/2	34.00	333.20	0.91	
A+T/3	39.00	382.20	1.04	

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
A+T (secado a temperatura ambiente)	kp	N	N/mm²	N/mm²
A+T/1	38.00	372.40	1.04	1.01
A+T/2	38.00	372.40	1.02	
A+T/3	37.00	362.60	0.97	

Tabla 52: Resultados de resistencia a flexión, muestra 1. Fuente: Elaboración propia

14.4.2 MUESTRA 2: M1+22%



Ilustración 67: Probeta M1+22% muestra 2. Fuente: Elaboración propia

MATERIALES	TIERRA	M1
CANTIDAD	100%	22%
FECHA DE FABRICACION	17/11/2017	

Tabla 53: Datos de la muestra 2. Fuente: Elaboración propia

En este ensayo se utilizó el GOV en remplazo del agua, con una cantidad de 22%, cercano al límite plástico obtenido del ensayo de módulo de elasticidad.

En el ensayo de compresión y flexión, la resistencia media de las probetas secadas en la etufa es superior a la resistencia media de las probetas secadas en el medio ambiente. Pero lo que más se destaca en este ensayo es que los resultados obtenidos son favorables y superan en un 138% aproximadamente a la Muestra 1 (blanco referente) en la resistencia media, y además en este ensayo se obtuvo la mayor resistencia a compresión media de la campaña que equivale a 7,34 Nmm² el cual supera en un 170% al Ensayo 1 (blanco referente).

Los resultados de ensayo a flexión son mejores aun respecto al blanco, superando casi el 300 %

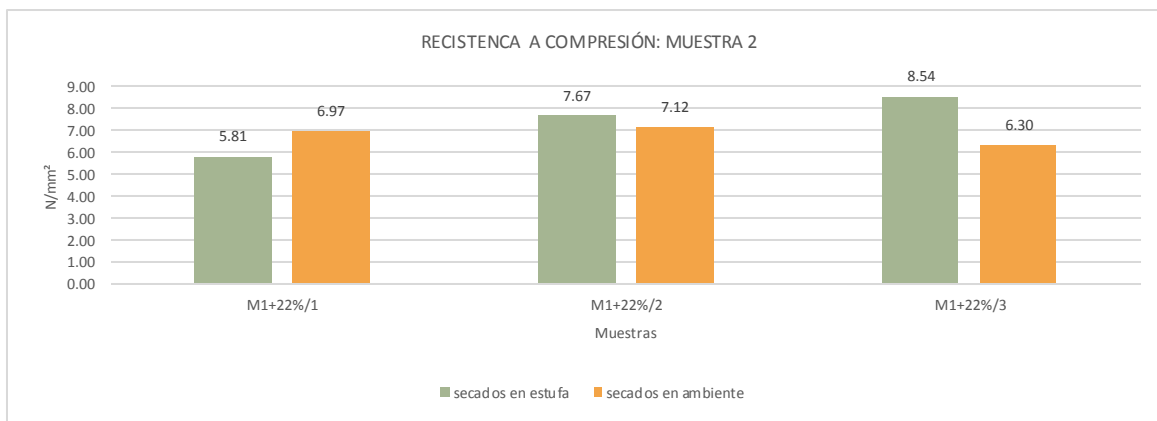


Gráfico 34: Resistencia a compresión, muestra 2. Fuente: Elaboración propia

Simbología	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura (Compresión)		Resistencia promedio
M1+22% (secado e estufa 80°)		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M1+22%/1	29/11/2017	916.00	0.59	5.81	7.34
M1+22%/2	29/11/2017	1,192.00	0.78	7.67	
M1+22%/3	29/11/2017	1,351.50	0.87	8.54	

Simbología	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura		Resistencia promedio
M1+22% (secado a temperatura ambiente)		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M1+22%/1	18/12/2017	1,099.50	0.71	6.97	6.80
M1+22%/2	18/12/2017	1,112.50	0.73	7.12	
M1+22%/3	18/12/2017	999.50	0.64	6.30	

Tabla 54: Resultados de resistencia a compresión, muestra 2. Fuente: Elaboración propia

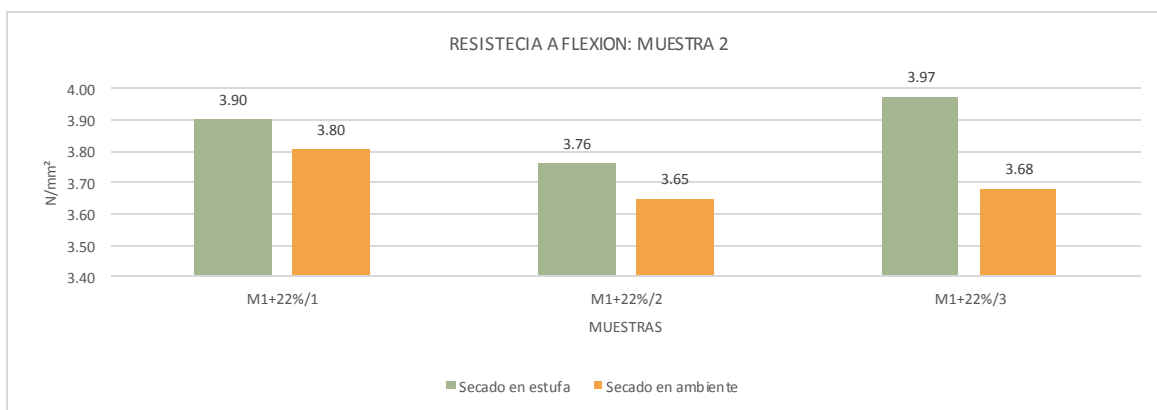


Gráfico 35: Resistencia a flexión, muestra 2. Fuente: Elaboración propia

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M1+22% (secado en estufa 80°)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M1+22%/1	163.00	1597.40	3.90	3.88
M1+22%/2	153.00	1499.40	3.76	
M1+22%/3	167.00	1636.60	3.97	

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M1+22% (secado a temperatura ambiente)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M1+22%/1	159.00	1558.20	3.80	3.71
M1+22%/2	150.00	1470.00	3.65	
M1+22%/3	155.00	1519.00	3.68	

Tabla 55: Resultados de resistencia a flexión, muestra 2. Fuente: Elaboración propia

14.4.3 MUESTRA 3: M1+30%



Ilustración 68: Probeta M1+30% muestra 3. Fuente: Elaboración propia

MATERIALES	TIERRA	M1
CANTIDAD	100%	30%
FECHA DE FABRICACION	17/11/2017	

Tabla 56: Datos de la muestra 3. Fuente: Elaboración propia

En este ensayo se aumentó la cantidad de GOV acercándonos al límite líquido según los ensayos de módulo de elasticidad, de la misma forma que todos los ensayos se dejó secar 3 probetas en la estufa y 3 probetas a temperatura ambiente, los resultados nos indican que para los ensayos a compresión y flexión se obtiene un valor mayor de aquellos que fueron secados al horno, sin embargo debo recalcar que estos resultados mejoran un aprox. de 73% para compresión y 256 % aprox. para flexión, con respecto al blanco (Muestra 1).

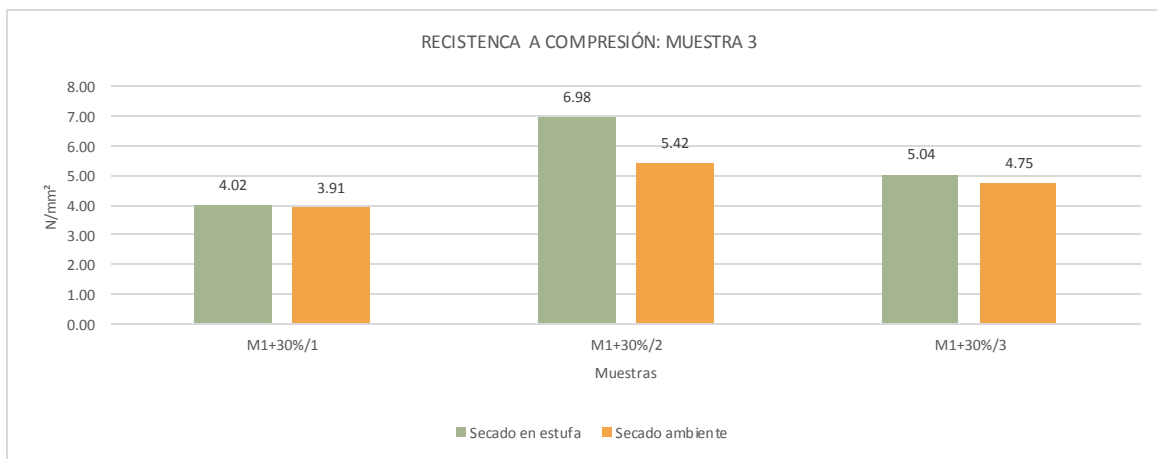


Gráfico 36: Resistencia a compresión, muestra 3. Fuente: Elaboración propia

M1+30% (secado en estufa 80°)	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura (Compresión)		Resistencia promedio
		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M1+30%/1	29/11/2017	596.50	0.41	4.02	5.35
M1+30%/2	29/11/2017	1,033.00	0.71	6.98	
M1+30%/3	29/11/2017	735.00	0.51	5.04	

M1+30% (secado a temperatura ambiente)	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura		Resistencia promedio
		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M1+30%/1	18/12/2017	585.00	0.40	3.91	4.70
M1+30%/2	18/12/2018	799.00	0.55	5.42	
M1+30%/3	18/12/2019	707.50	0.49	4.75	

Tabla 57: Resultados de resistencia a compresión, muestra 3. Fuente: Elaboración propia

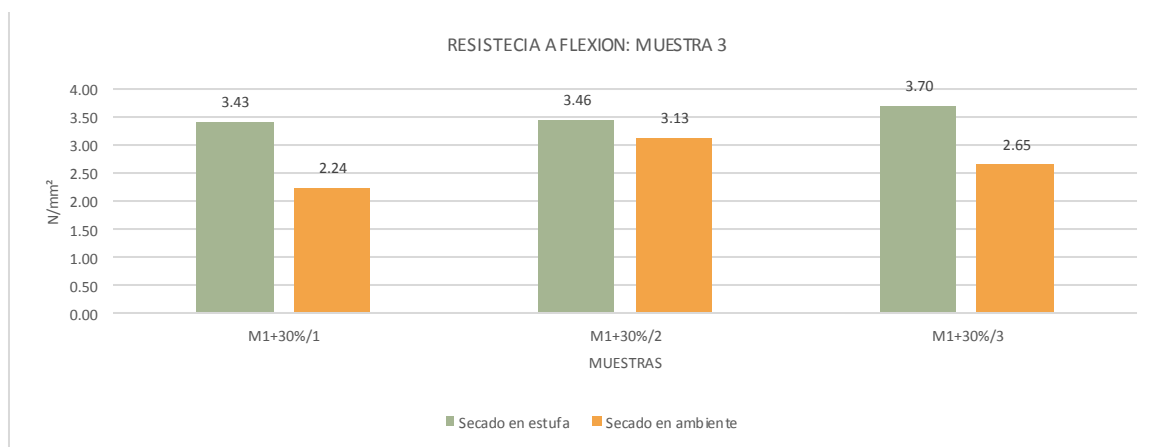


Gráfico 37 Resistencia a flexión, muestra 3 Fuente: Elaboración propia

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M1+30% (secado en estufa 80°)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M1+30%/1	129.00	1264.20	3.43	3.53
M1+30%/2	130.00	1274.00	3.46	
M1+30%/3	134.00	1313.20	3.70	

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M1+30% (secado a temperatura ambiente)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M1+30%/1	85.00	833.00	2.24	2.67
M1+30%/2	117.00	1146.60	3.13	
M1+30%/3	100.00	980.00	2.65	

Tabla 58: Resultados de resistencia a flexión, muestra 3. Fuente: Elaboración propia

14.4.4 MUESTRA 4: M2+26%



Ilustración 69: Probeta M2+26%

MATERIALES	TIERRA	M2
CANTIDAD	100%	26%
FECHA DE FABRICACION	17/11/2017	

Tabla 59: Datos de la muestra 4. Fuente: Elaboración propia

Para este ensayo se utiliza una nueva muestra (Tabla 44) de GOV (Gel de origen vegetal) en una proporción de 26%. Se utiliza el M2, vale recalcar que el M1, M2 y M3 son muestras de GOV que difieren entre sí, por el tiempo de guardado.

Todos los resultados obtenidos a compresión y flexión son mayores al blanco referente (Muestra 1), superando al blanco referente en resistencia a compresión media un 44% aprox. y 158% aprox. en resistencia a flexión media.

Se observó que cuatro probetas de este ensayo, al finalizar su secado a la estufa y a temperatura ambiente, presentaron pequeños agrietamientos de 1mm sobre todo en la cara superior que influyó sobre los resultados sobre todo en los ensayos a flexión, los cuales están resaltados de color amarillo en la tabla 45. Estos valores están muy por debajo de una probeta sin agrietamiento como el M2+26/1 secado en estufa (Tabla 45).

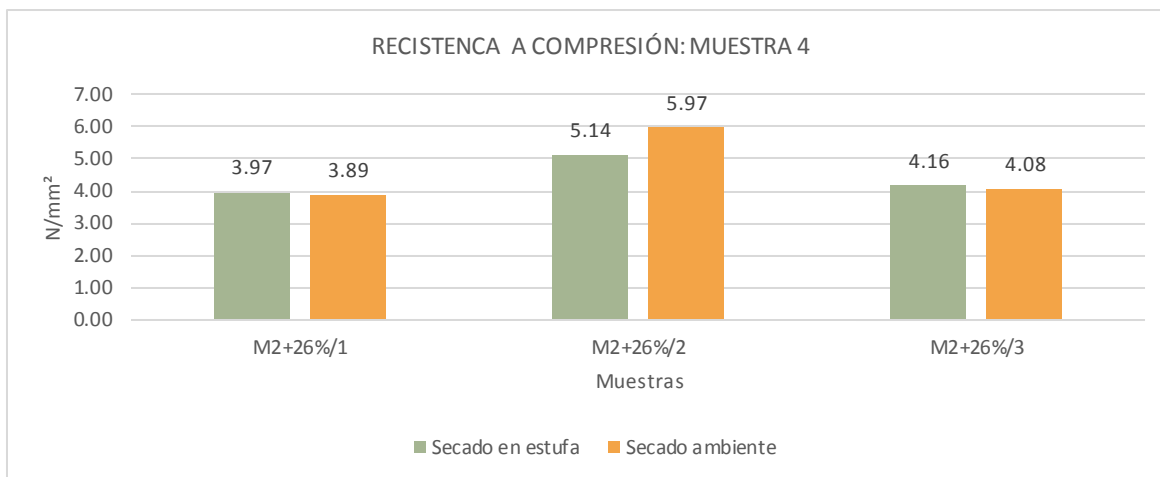


Gráfico 38: Resistencia a compresión, muestra 4. Fuente: Elaboración propia

M2+26% (secado en estufa)	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura (Compresión)		Resistencia promedio
		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M2+26%/1	29/11/2017	566.50	0.41	3.97	4.42
M2+26%/2	29/11/2017	743.50	0.52	5.14	
M2+26%/3	29/11/2017	592.00	0.42	4.16	

M2+26% (secado a temperatura ambiente)	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura		Resistencia promedio
		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M2+26%/1	18/12/2017	556.00	0.40	3.89	4.65
M2+26%/2	18/12/2018	872.50	0.61	5.97	
M2+26%/3	18/12/2019	581.50	0.42	4.08	

Tabla 60: Resultados de resistencia a compresión, muestra 4. Fuente: Elaboración propia

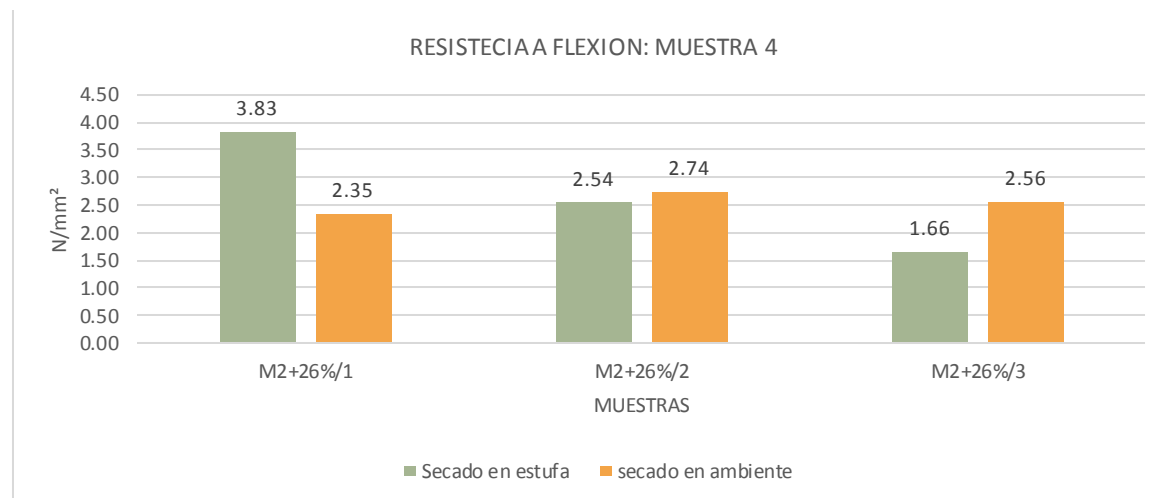


Gráfico 39: Resistencia a flexión, muestra 4. Fuente: Elaboración propia

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M2+26% (secado en estufa)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M2+26%/1	135.00	1323.00	3.83	2.68
M2+26%/2	92.00	901.60	2.54	
M2+26%/3	58.00	568.40	1.66	

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M2+26% (secado a temperatura ambiente)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M2+26%/1	83.00	813.40	2.35	2.55
M2+26%/2	101.00	989.80	2.74	
M2+26%/3	90.00	882.00	2.56	

Tabla 61: Resultados de resistencia a flexión, muestra 4. Fuente: Elaboración propia.

14.4.5 MUESTRA 5: M3+22%



Ilustración 70: Probeta M33+22% muestra 5. Fuente: Elaboración propia

MATERIALES	TIERRA	M3
CANTIDAD	100%	22%
FECHA DE FABRICACION	17/11/2017	

Tabla 62: Datos de la muestra 5. Fuente: Elaboración propia

Para esta muestra se utiliza una nuevo GOV (Tabla 46) en una proporción de 22%. Se utiliza el M3, vale recalcar que el M1, M2 y M3 son muestras de GOV que difieren entre sí, por el tiempo de guardado.

Todos los resultados obtenidos a compresión y flexión son mayores al blanco referente (Muestra 1), superando al blanco referente en resistencia a compresión media un 69% aprox. y 100% aprox. en resistencia a flexión media, sin embargo una de las probetas en resistencia a flexión llegó a superar un 167% al blanco de referencia, esta diferencia considerable se da debido al agrietamiento transversal de 2 mm (Ilustración 70) en la mitad de la probeta, este patrón se repite en cinco muestras que pertenecen a los que fueron secado e la estufa y a temperatura ambiente, los cuales están resaltados en la tabla 47.

Un aspecto importante para resaltar en esta Muestra 5, es que el resultado de los ensayos de resistencia a compresión alcanza mayor valor en las tres probetas que fueron secadas a temperatura ambiente, alcanzando una resistencia de compresión media de 5.91 N/mm² para las probetas secadas a temperatura ambiente, frente a 5.22 N/mm² para las probetas secadas en la estufa.

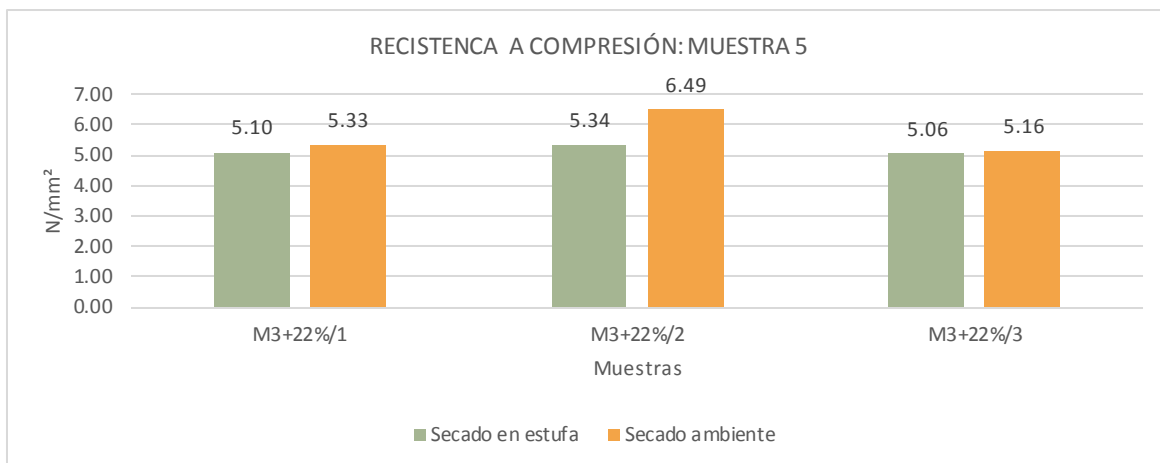


Gráfico 40: Resistencia a flexión, muestra 5. Fuente: Elaboración propia

M3+22% (secado en estufa 80°)	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura (Compresión)		Resistencia promedio
		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M3+22%/1	29/11/2017	775.50	0.52	5.10	5.22
M3+22%/2	29/11/2017	812.50	0.54	5.34	
M3+22%/3	29/11/2017	775.00	0.52	5.06	

M3+22% (secado a temperatura ambiente)	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura		Resistencia promedio
		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M3+22%/1	18/12/2017	812.00	0.54	5.33	5.91
M3+22%/2	18/12/2018	982.00	0.66	6.49	
M3+22%/3	18/12/2019	802.50	0.53	5.16	

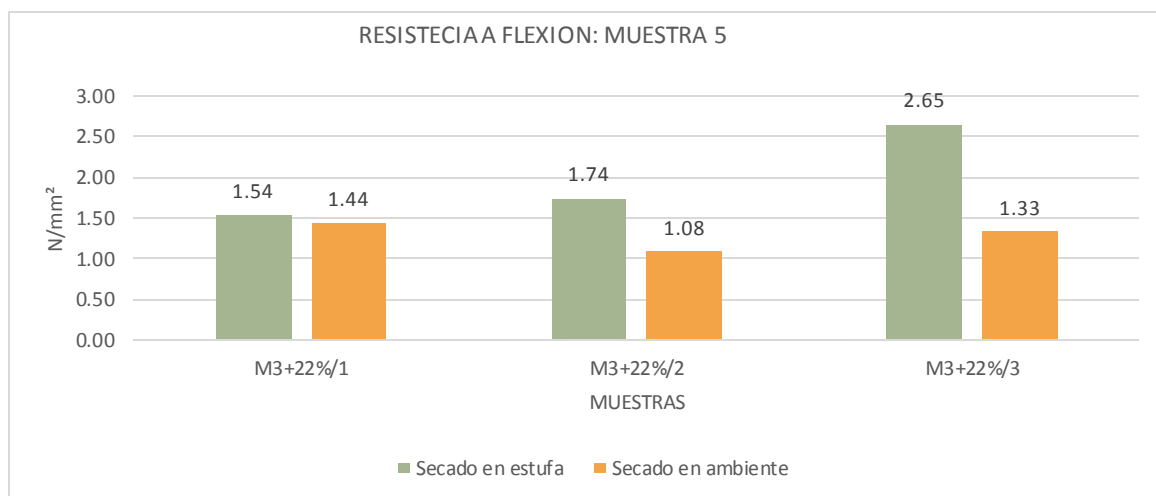


Gráfico 41: Resistencia a Flexión, muestra 5. Fuente: Elaboración propia

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M3+22% (secado en estufa)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M3+22%/1	60.00	588.00	1.54	1.98
M3+22%/2	68.00	666.40	1.74	
M3+22%/3	107.00	1048.60	2.65	

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M3+22% (secado a temperatura ambiente)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M3+22%/1	56.00	548.80	1.44	1.28
M3+22%/2	42.00	411.60	1.08	
M3+22%/3	54.00	529.20	1.33	

Tabla 63: Resultados de resistencia a flexión, muestra 5. Fuente: Elaboración propia

MUESTRA 6: M3+36%



Ilustración 71: Probeta M33+26% muestra 6. Fuente: Elaboración propia

MATERIALES	TIERRA	M3
CANTIDAD	100%	36%
FECHA DE FABRICACION	17/11/2017	

Tabla 64: Datos del ensayo 6

Para este ensayo se utiliza un 36% de GOV (Gel de origen vegetal) M3, es decir se aumenta la cantidad líquida con respecto al ensayo anterior, esto en búsqueda de probetas sin agrietamientos utilizando M3. Este ensayo resultó con menos agrietamientos, sin embargo la resistencia media a compresión disminuye y la resistencia a flexión aumenta con respecto al Muestra 5.

Los resultados obtenidos a compresión y flexión son mayores al blanco referente (Muestra 1), superándolo en resistencia a compresión media un 56% aprox. y 270% aprox. en resistencia a flexión media.

Vale recalcar que el M3 es un GOV (Gel de origen vegetal) que tiene la variable de tiempo de guardado que es menor de 24 horas.

En este ensayo también se puede observar que la resistencia media compresión de las probetas secadas a temperatura ambiente es mayor a la resistencia media de las probetas secadas en la estufa (gráfica 41).

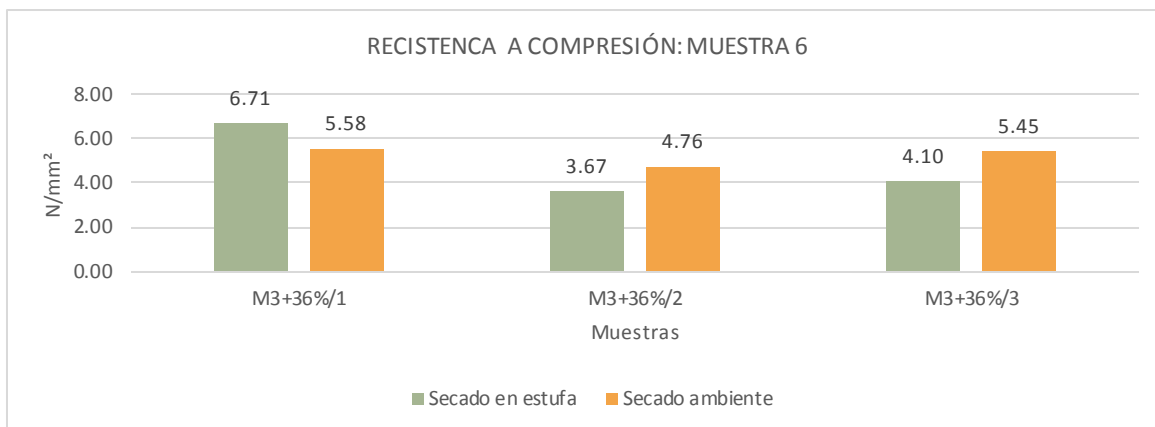


Gráfico 42: Resistencia a compresión, muestra 6. Fuente: Elaboración propia

M3+36% (secado en la estufa 80°)	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura (Compresión)		Resistencia promedio
		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M3+36%/1	29/11/2017	933.00	0.68	6.71	4.82
M3+36%/2	29/11/2017	508.50	0.37	3.67	
M3+36%/3	29/11/2017	567.50	0.42	4.10	

M3+36% (secado a temperatura ambiente)	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura		Resistencia promedio
		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M3+36%/1	18/12/2017	780.50	0.57	5.58	5.26
M3+36%/2	18/12/2018	659.00	0.49	4.76	
M3+36%/3	18/12/2019	737.00	0.56	5.45	

Tabla 65: Resultados de resistencia a compresión, muestra 6. Fuente: Elaboración propia

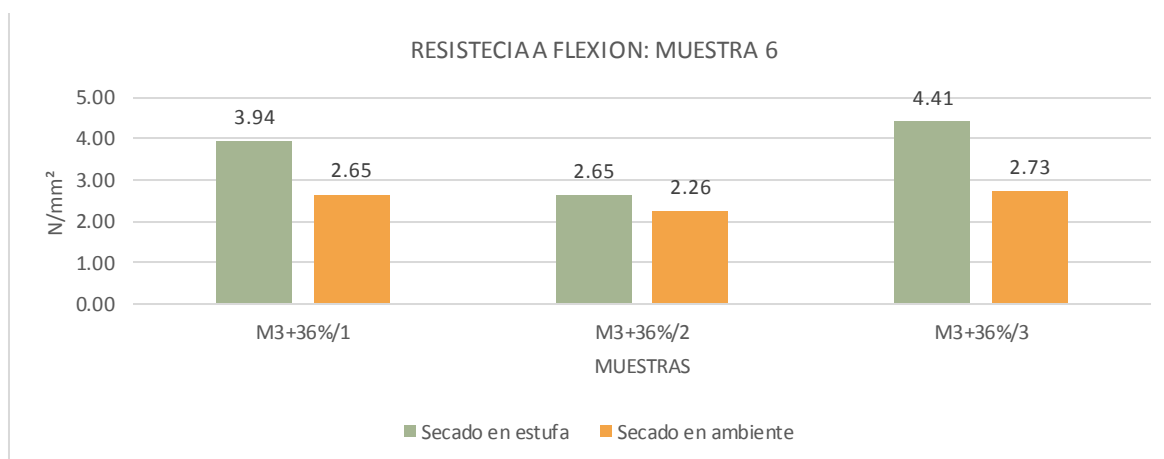


Gráfico 43: Resistencia a Flexión, muestra 6. Fuente: Elaboración propia

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M3+36% (secado en estufa 80°)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M3+36%/1	131.00	1283.80	3.94	3.67
M3+36%/2	88.00	862.40	2.65	
M3+36%/3	145.00	1421.00	4.41	

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M3+36% (secado a temperatura ambiente)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M3+36%/1	89.00	872.20	2.65	2.54
M3+36%/2	75.00	735.00	2.26	
M3+36%/3	88.00	862.40	2.73	

Tabla 66: Resultados de resistencia a flexión, muestra 6. Fuente: Elaboración propia

14.4.6 MUESTRA 7: M3+30%



Ilustración 72: muestra 7. Fuente: Elaboración propia

MATERIALES	TIERRA	M3
CANTIDAD	100%	30%
FECHA DE FABRICACION	17/11/2017	

Tabla 67: Datos del ensayo 7

Para este ensayo se utiliza un 30% de GOV (Gel de origen vegetal) M3, es decir al igual que la Muestra 6, se trabaja con una cantidad cercano al límite líquido según el ensayo de Límites de Atterberg, esto en búsqueda de probetas sin agrietamientos utilizando M3. Este ensayo resultó con pequeños agrietamientos en todas las probetas.

Los resultados obtenidos a compresión y flexión son mayores al blanco referente (Muestra 1), superándolo en resistencia a compresión media un 64% aprox. y 160% aprox. en resistencia a flexión media

Vale recalcar que el M3 es un GOV que tiene la variable de tiempo de guardado que es menos de 24 horas, las probetas hechas con esta sustancia M3, resulta con menos agrietamientos cuando se trabaja sobre el límite líquido, sin embargo disminuye en resistencia a compresión.

Además es necesario tomar en cuenta que las tres probetas con M3 de este ensayo, resulta más resistentes a compresión cuando son secadas a temperatura ambiente (gráfica 43).

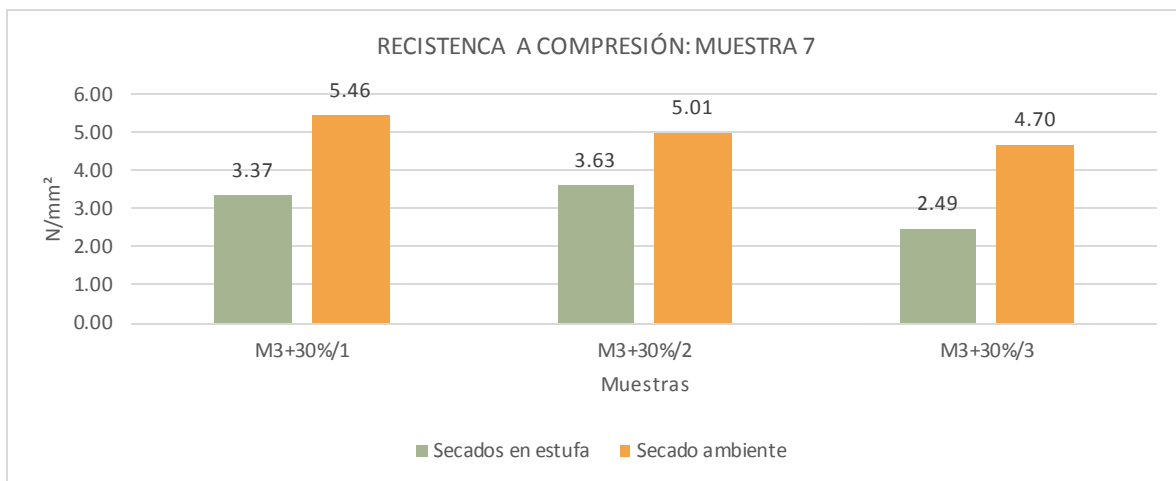


Gráfico 44: Resistencia a compresión, muestra 7. Fuente: Elaboración propia.

M3+30% (secado en la estufa 80°)	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura (Compresión)		Resistencia promedio
		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M3+30%/1	29/11/2017	500.00	0.34	3.37	3.16
M3+30%/2	29/11/2017	535.00	0.37	3.63	
M3+30%/3	29/11/2017	369.50	0.25	2.49	
M3+30% (secado a temperatura ambiente)	Fecha de ensayo	Carga	Tensión rotura		Resistencia promedio
		kg	Kg/mm²	N/mm²	N/mm²
M3+30%/1	18/12/2017	805.00	0.56	5.46	5.06
M3+30%/2	18/12/2018	739.50	0.51	5.01	
M3+30%/3	18/12/2019	705.00	0.48	4.70	

Tabla 68: Resultados de resistencia a compresión, muestra 7. Fuente: Elaboración propia

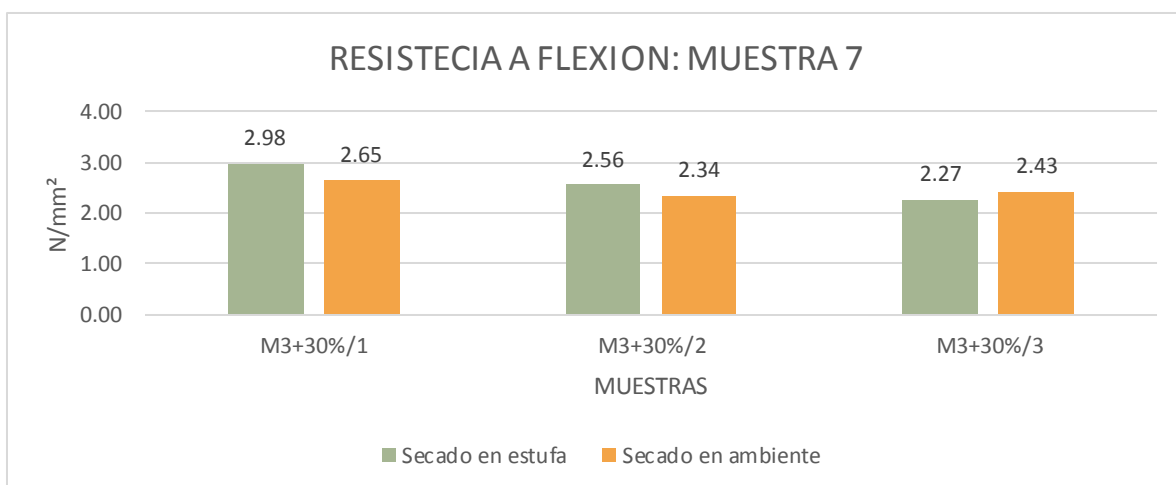


Gráfico 45: Resistencia a Flexión, muestra 7. Fuente: Elaboración propia

Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M3+30% (secado en la estufa 80°)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M3+30%/1	113.00	1107.40	2.98	2.60
M3+30%/2	96.00	940.80	2.56	
M3+30%/3	85.00	833.00	2.27	
Referencia	Carga	Carga	Tensión rotura	Resistencia promedio
M3+30% (secado a temperatura ambiente)	kp	N	N/mm²	N/mm²
M3+30%/1	99.00	970.20	2.65	2.48
M3+30%/2	88.00	862.40	2.34	
M3+30%/3	92.00	901.60	2.43	

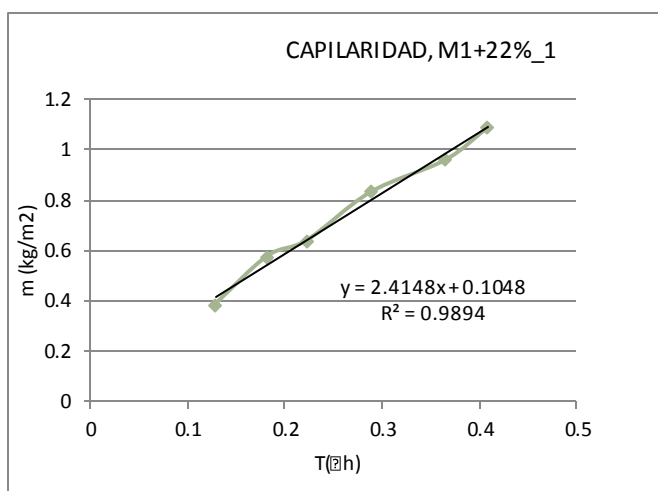
Tabla 69: Resultados de resistencia a flexión, muestra 7. Fuente: Elaboración propia.

14.5 Anexo 5: fichas de resultados de los ensayos de absorción por capilaridad.

SUCCIÓN CAPILAR: MUESTRA M1+22%_1

FECHA:	26/12/2017	"T":	
MUESTRA:	M3+22%/1	CARA:	
"S"		"Mo"	
(m*2):	0.0015603	(Kg):	0.207

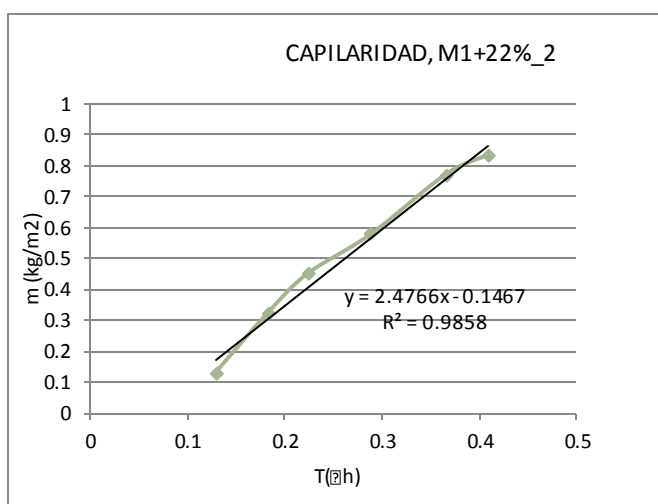
"T"(min)	"T"(h1/2)	"M"(Kg)	m"(Kg/m*2)
1	0.1290994	0.2076	0.3845414
2	0.1825742	0.2079	0.5768122
3	0.2236068	0.208	0.6409024
5	0.2886751	0.2083	0.8331731
8	0.3651484	0.2085	0.9613536
10	0.4082483	0.2087	1.0895341



SUCCIÓN CAPILAR: MUESTRA M1+22%_2

FECHA:	26/12/2017	"T":	
MUESTRA:	M3+22%/2	CARA:	
"S"		"Mo"	
(m*2):	0.0015605	(Kg):	0.2075

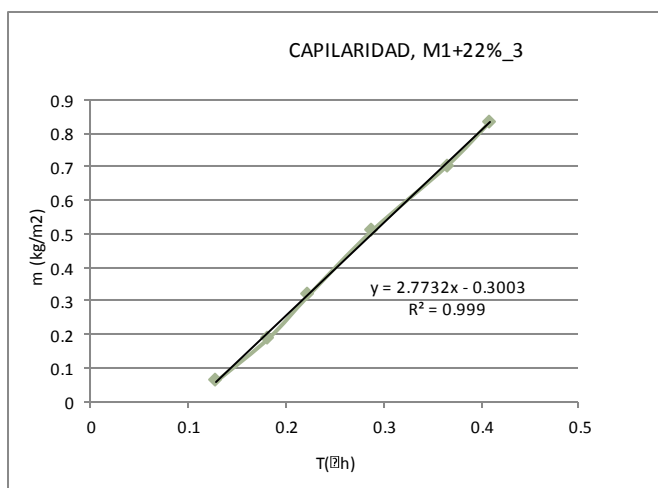
"T"(min)	"T"(h1/2)	"M"(Kg)	m"(Kg/m*2)
1	0.1290994	0.2077	0.128164
2	0.1825742	0.208	0.3204101
3	0.2236068	0.2082	0.4485742
5	0.2886751	0.2084	0.5767382
8	0.3651484	0.2087	0.7689843
10	0.4082483	0.2088	0.8330663



SUCCIÓN CAPILAR: MUESTRA M1+22%_3

FECHA:	26/12/2017	"T":	
MUESTRA:	M3+22%/3	CARA:	
"S"		"Mo"	
(m*2):	0.0015602	(Kg):	0.207

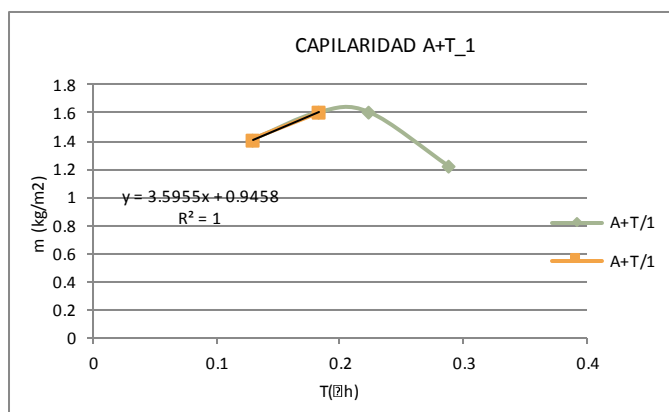
"T"(min)	"T"(h1/2)	"M"(Kg)	m"(Kg/m*2)
1	0.1290994	0.2071	0.0640943
2	0.1825742	0.2073	0.192283
3	0.2236068	0.2075	0.3204717
5	0.2886751	0.2078	0.5127548
8	0.3651484	0.2081	0.7050378
10	0.4082483	0.2083	0.8332265



SUCCIÓN CAPILAR: MUESTRA A+T_1

FECHA: 26/12/2017 "T":
 MUESTRA: A+T/1 CARA:
 "S" "Mo"
 (m²): 0.0015603 (Kg): 0.1814

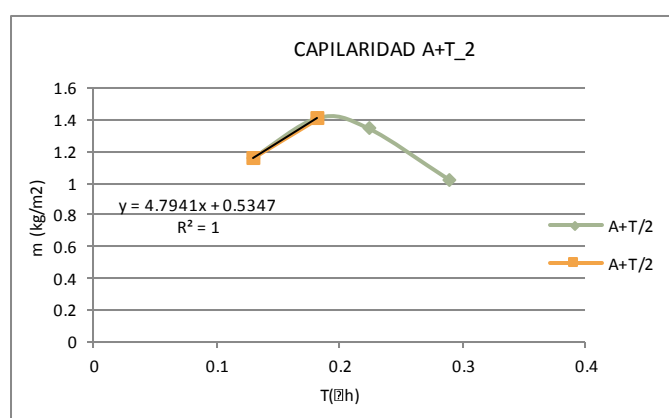
"T"(min)	"T"(h1/2)	"M"(Kg)	m"(Kg/m ²)
1	0.1290994	0.1836	1.4099853
2	0.1825742	0.1839	1.602256
3	0.2236068	0.1839	1.602256
5	0.2886751	0.1833	1.2177145



SUCCIÓN CAPILAR: MUESTRA A+T_2

FECHA: 26/12/2017 "T":
 MUESTRA: A+T/2 CARA:
 "S" "Mo"
 (m²): 0.0015603 (Kg): 0.1816

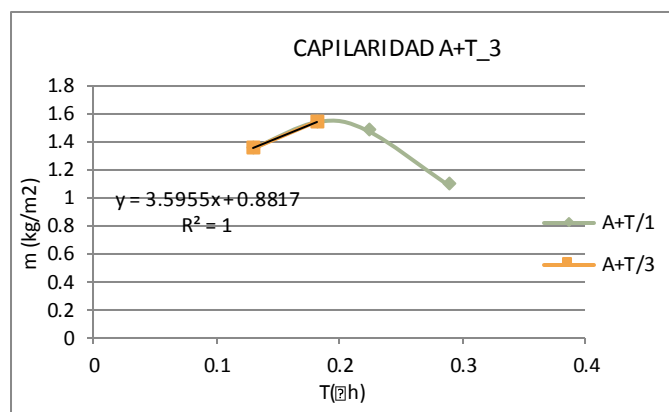
"T"(min)	"T"(h1/2)	"M"(Kg)	m"(Kg/m ²)
1	0.1290994	0.1834	1.1536243
2	0.1825742	0.1838	1.4099853
3	0.2236068	0.1837	1.345895
5	0.2886751	0.1832	1.0254438



SUCCIÓN CAPILAR: MUESTRA A+T_3

FECHA: 26/12/2017 "T":
 MUESTRA: A+T/3 CARA:
 "S" "Mo"
 (m²): 0.0015603 (Kg): 0.1812

"T"(min)	"T"(h1/2)	"M"(Kg)	m"(Kg/m ²)
1	0.1290994	0.1833	1.345895
2	0.1825742	0.1836	1.5381657
3	0.2236068	0.1835	1.4740755
5	0.2886751	0.1829	1.0895341



Los resultados de succión capilar en las muestras 1: T+A, forman una gráfica parabólica, esto se debe a que estas probetas absorben agua hasta los 2 min, a partir del minuto 3 empiezan a perder peso debido al desmoronamiento de las probetas. Ambos colores en cada gráficos de las tres muestras A+T, se refieren a la misma probeta, el color naranja representa el proceso de succión de humedad por capilaridad el cual se da solo hasta el minuto dos.

14.6 Anexo 6: Fichas de resultados de las pruebas de permeabilidad al vapor de agua.

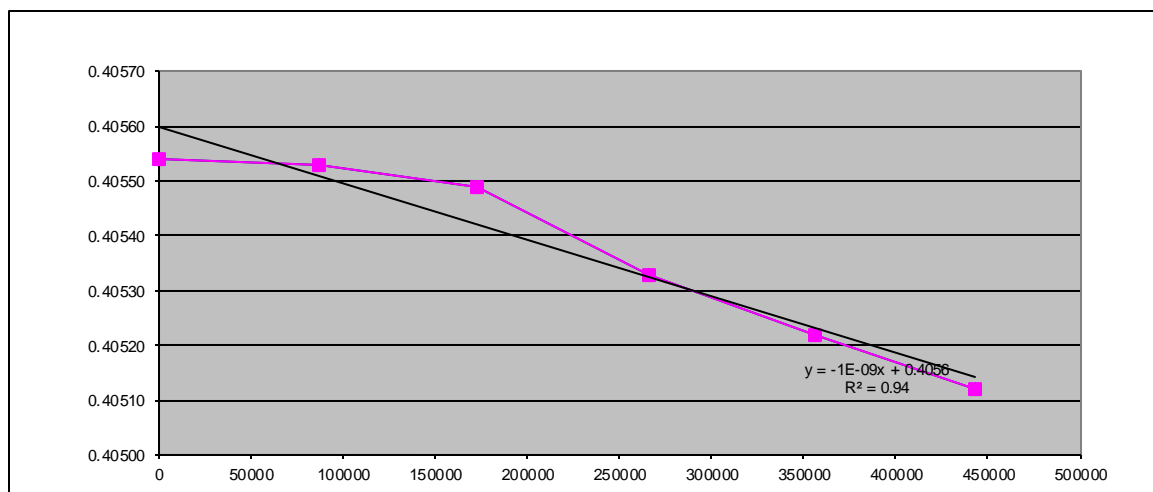
FICHA DE RESULTADOS DE LA MUESTRA 1: A+T

CONSTANTES CÁLCULO		
Λ (Kg/(m ² ·s·Pa))	permeanza al vapor de agua	
W_{vp}	permeabilidad vapor agua	
δa	permeabilidad vapor agua al aire =	1.952E-10
Wr camara	0.5	Humedad relativa de la cámara (p.e. 50%)
T camara °C	17	Temperatura ambiente
Wr solucion:	1	Humedad relativa de la solución (p.e.95%)
Δp :	-968.32	fórmula que relaciona humedades y temperatura
Superficie (m ²):	0.00148209	
Grosor (m):	0.02951	

RESULTADOS A+T_1

G (Kg/s) pendent recta	$g=G/A$ (Kg/(sm ²)) densidad flujo	$W=g/\Delta P_v$ Kg/(m ² segPascal) Permeancia	$Z=1/W$ (m ² segPascal)/Kg Resistencia al vapor agua	$\delta=W*d$ Kg/(msPa) Permeabi. al vapor de agua	$\mu=\delta a/\delta$ Factor resistencia al vapor de agua
-1.0000E-09	-6.7472E-07	6.9679E-10	1.4351E+09	2.05624E-11	9.49

día	hora exacta	hora	segundos	massa (g)	massa KG	pendent
26/12/2017	0	0.00	0	405.54	0.40554	0.40554
27/12/2017	24	24.00	86400	405.53	0.40553	0.40553
28/12/2017	24	48.00	172800	405.49	0.40549	0.40549
29/12/2017	26	74.00	266400	405.33	0.40533	0.40533
30/12/2017	25	99.00	356400	405.22	0.40522	0.40522
31/12/2017	24	123.00	442800	405.12	0.40512	0.40512

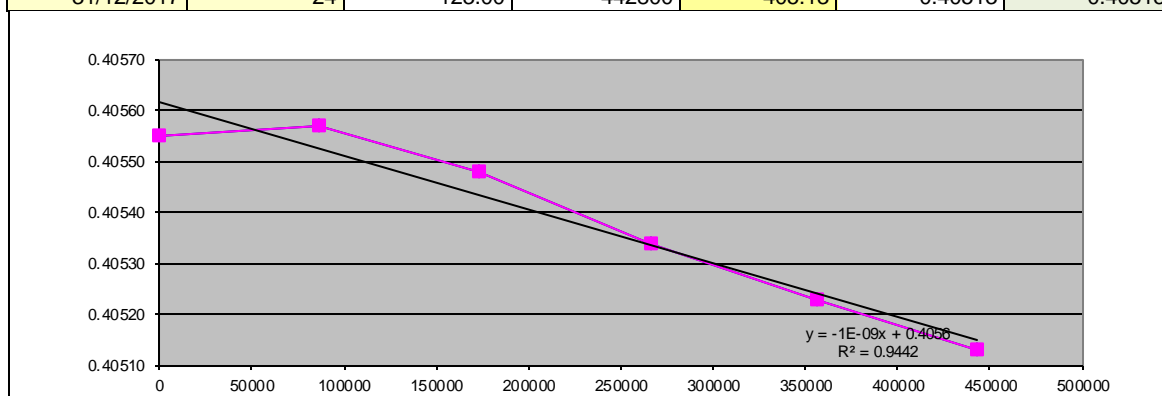


Superficie (m ²):	0.0014821
Grosor (m):	0.02956

RESULTADOS A+T_2

G (Kg/s) pendent recta	$g=G/A$ (Kg/(sm ²)) densidad flujo	$W=g/\Delta P_v$ Kg/(m2segPascal) Permeancia	$Z=1/W$ (m ² segPascal)/Kg Resistencia al vapor agua	$\delta=W*d$ Kg/(msPa) Permeabi. al vapor de agua	$\mu=\delta a/\delta$ Factor resistencia al vapor de agua
-1.0000E-09	-6.7472E-07	6.9679E-10	1.4352E+09	2.05971E-11	9.48

día	hora exacta	hora	segundos	massa (g)	massa KG	pendent
26/12/2017	0	0.00	0	405.55	0.40555	0.40555
27/12/2017	24	24.00	86400	405.57	0.40557	0.40557
28/12/2017	24	48.00	172800	405.48	0.40548	0.40548
29/12/2017	26	74.00	266400	405.34	0.40534	0.40534
30/12/2017	25	99.00	356400	405.23	0.40523	0.40523
31/12/2017	24	123.00	442800	405.13	0.40513	0.40513

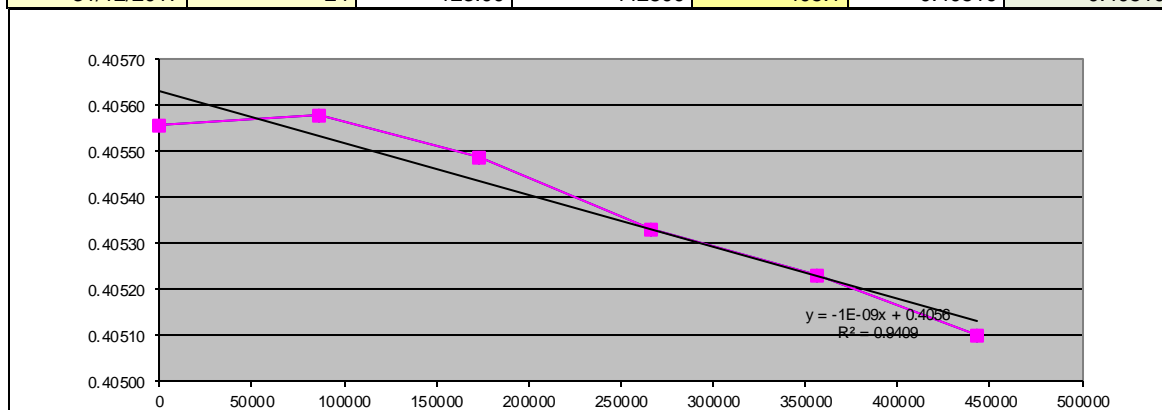


Superficie (m ²):	0.0014833
Grosor (m):	0.02945

RESULTADOS A+T_3

G (Kg/s) pendent recta	$g=G/A$ (Kg/(sm ²)) densidad flujo	$W=g/\Delta P_v$ Kg/(m2segPascal) Permeancia	$Z=1/W$ (m ² segPascal)/Kg Resistencia al vapor agua	$\delta=W*d$ Kg/(msPa) Permeabi. al vapor de agua	$\mu=\delta a/\delta$ Factor resistencia al vapor de agua
-1.0000E-09	-6.7417E-07	6.9623E-10	1.4363E+09	2.05039E-11	9.52

día	hora exacta	hora	segundos	massa (g)	massa KG	pendent
26/12/2017	0	0.00	0	405.56	0.40556	0.40556
27/12/2017	24	24.00	86400	405.58	0.40558	0.40558
28/12/2017	24	48.00	172800	405.49	0.40549	0.40549
29/12/2017	26	74.00	266400	405.33	0.40533	0.40533
30/12/2017	25	99.00	356400	405.23	0.40523	0.40523
31/12/2017	24	123.00	442800	405.1	0.40510	0.40510



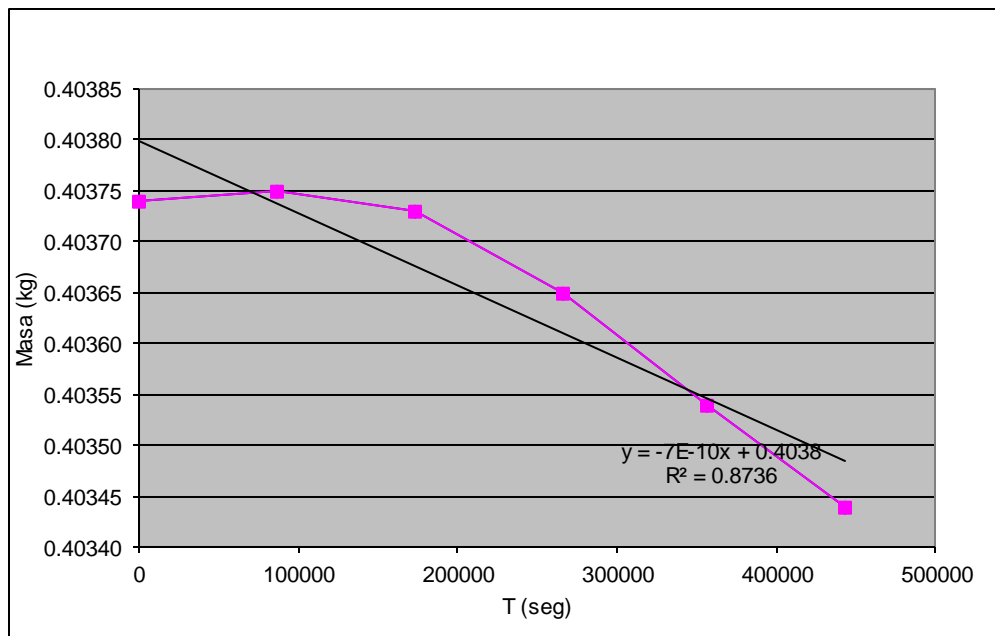
FICHA DE RESULTADOS DE LA MUESTRA 2: M1+22%

CONSTANTES CÁLCULO			
Λ (Kg/(m ² ·s·Pa))	permeanza al vapor de agua		
W_{vp}	permeabilidad vapor agua		
δa	permeabilidad vapor agua al aire =		1.952E-10
W_r cámara	0.5	Humedad relativa de la cámara (p.e. 50%)	
T cámara °C	17	Temperatura ambiente	
W_r solución:	1	Humedad relativa de la solución (p.e. 95%)	
Δp :	-968.32	fórmula que relaciona humedades y temperatura	
Superficie (m ²):	0.00148209		
Grosor (m):	0.02951		

RESULTADOS M1+22%_1

G (Kg/s) pendent recta	$g=G/A$ (Kg/(sm ²)) densidad flujo	$W=g/\Delta P_v$ Kg/(m ² segPas cal) Permeancia	$Z=1/W$ (m ² segPascal)/Kg Resistencia al vapor agua	$\delta=W*d$ Kg/(msPa) Permeabi. al vapor de agua	$\mu=\delta a/\delta$ Factor resistencia al vapor de agua
-7.0000E-10	-4.7231E-07	4.8776E-10	2.0502E+09	1.43937E-11	13.56

día	hora exacta	hora	segundos	massa (g)	massa KG	pendent
26/12/2017	0	0.00	0	403.74	0.40374	0.40374
27/12/2017	24	24.00	86400	403.75	0.40375	0.40375
28/12/2017	24	48.00	172800	403.73	0.40373	0.40373
29/12/2017	26	74.00	266400	403.65	0.40365	0.40365
30/12/2017	25	99.00	356400	403.54	0.40354	0.40354
31/12/2017	24	123.00	442800	403.44	0.40344	0.40344

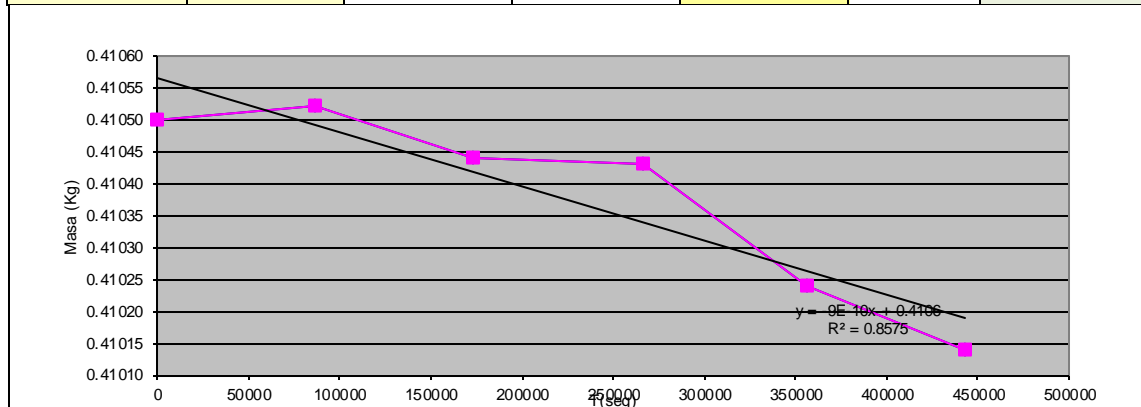


Superficie (m ²):	0.00148214
Grosor (m):	0.02955

RESULTADOS M1+22%_2

G (Kg/s) pendent recta	$g=G/A$ (Kg/(sm ²)) densidad flujo	$W=g/\Delta P_v$ Kg/(m ² segPascal) Permeancia	$Z=1/W$ (m ² segPascal)/Kg Resistencia al vapor agua	$\delta=W*d$ Kg/(msPa) Permeabi. al vapor de agua	$\mu=\delta a/\delta$ Factor resistencia al vapor de agua
-9.0000E-10	-6.0723E-07	6.2709E-10	1.5947E+09	1.85306E-11	10.53

día	hora exacta	hora	segundos	massa (g)	massa KG	pendent
26/12/2017	0	0.00	0	410.5	0.41050	0.41050
27/12/2017	24	24.00	86400	410.52	0.41052	0.41052
28/12/2017	24	48.00	172800	410.44	0.41044	0.41044
29/12/2017	26	74.00	266400	410.43	0.41043	0.41043
30/12/2017	25	99.00	356400	410.24	0.41024	0.41024
31/12/2017	24	123.00	442800	410.14	0.41014	0.41014



Superficie (m ²):	0.00148214
Grosor (m):	0.02955

RESULTADOS M1+22%_3

G (Kg/s) pendent recta	$g=G/A$ (Kg/(sm ²)) densidad flujo	$W=g/\Delta P_v$ Kg/(m ² segPascal) Permeancia	$Z=1/W$ (m ² segPascal)/Kg Resistencia al vapor agua	$\delta=W*d$ Kg/(msPa) Permeabi. al vapor de agua	$\mu=\delta a/\delta$ Factor resistencia al vapor de agua
-1.0000E-09	-6.7470E-07	6.9677E-10	1.4352E+09	2.05896E-11	9.48

día	hora exacta	hora	segundos	massa (g)	massa KG	pendent
26/12/2017	0	0.00	0	398.74	0.39874	0.39874
27/12/2017	24	24.00	86400	398.8	0.39880	0.39880
28/12/2017	24	48.00	172800	398.69	0.39869	0.39869
29/12/2017	26	74.00	266400	398.54	0.39854	0.39854
30/12/2017	25	99.00	356400	398.43	0.39843	0.39843
31/12/2017	24	123.00	442800	398.4	0.39840	0.39840

